

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**О. Ф. БАБІЧЕВА,**  
**С. М. ЄСАУЛОВ**

**АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ, КОМПОНЕНТІВ**  
**ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИЧНИХ**  
**КОМПЛЕКСІВ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

УДК 004.896:681.5](075.8)

Б12

***Автори:***

***Бабічева Ольга Федорівна***, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

***Єсаулов Сергій Михайлович***, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

***Рецензенти:***

***П. Д. Андрієнко***, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електричних та електронних апаратів Запорізького національного технічного університету;

***В. І. Носков***, доктор технічних наук, професор кафедри обчислювальної техніки та програмування Національного технічного університету «ХПІ»

*Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,  
протокол № 5 від 28.12.2017.*

**Бабічева О. Ф.**

Б12 Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посібник / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 355 с.

ISBN 978-966-695-458-2

У навчальному посібнику приділено увагу роботі в системі КОМПАС і її взаємодії з іншими програмними продуктами. Наведено авторську програму SinSys, розглянуто проектування цифрових систем керування та діагностичних комплексів. Навчальний посібник підготовлено для дисциплін «Автоматизоване проектування електромеханічних систем», «Проектування цифрових систем керування», «Аналіз та синтез цифрових систем керування» та «Діагностичні комплекси», призначений для студентів електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

**УДК 004.896:681.5](075.8)**

ISBN 978-966-695-458-2

© О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов, 2018

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
ЧАСТИНА I. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ	
І ЇХ СТРУКТУРА.....	14
1 ВСТУП ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ .....	15
1.1 Поняття автоматизованого проектування .....	15
1.2 Структура САПР .....	15
1.3 Різновиди САПР .....	17
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	18
2 ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ.....	19
2.1 Вимоги до систем автоматизованого проектування .....	19
2.2 Призначення CAD/CAE/CAM-систем .....	19
2.3 Рівні CAD/CAE/CAM-систем.....	21
2.4 Модульність CAD/CAE/CAM-систем.....	22
2.5 Функції, властивості та приклади CAE/CAD/CAM-систем .....	24
2.6 Програмні мови.....	25
2.7 Поняття про CALS-технологію.....	26
2.8 Комплексні автоматизовані системи .....	27
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	28
3 МЕТА І ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.	
СТРУКТУРА ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	29
3.1 Складові підсистеми та технічні засоби САПР .....	29
3.2 Цілісність і комунікативність САПР .....	30
3.3 Головні принципи автоматизованого проектування.....	30
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	31
4 КЛАСИФІКАЦІЯ САПР .....	32
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	33
5 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ САПР .....	34
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	36
6 СКЛАД І СТРУКТУРА САПР .....	37
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	43
7 РІЗНОВИДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САПР .....	44
7.1 Математичне забезпечення САПР .....	46
7.2 Програмне забезпечення САПР .....	48
7.3 Інформаційне забезпечення САПР .....	52
7.4 Технічне забезпечення САПР .....	59
7.5 Лінгвістичне забезпечення САПР .....	62
7.6 Методичне забезпечення САПР .....	64
7.7 Організаційне забезпечення САПР .....	64

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	65
8 ПОСЛІДОВНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ НА ЕОМ .....	66
8.1 САПР технологічної підготовки виробництва .....	71
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	73
9 ВЗАЄМОДІЯ САПР З ІНШИМИ АВТОМАТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ.....	74
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	78
Частина II. ПРОЕКТУВАННЯ В СИСТЕМІ КОМПАС .....	79
10 КОМПАС – ШВИДКИЙ СТАРТ.....	80
10.1 Запуск системи КОМПАС .....	80
10.2 Відкриття нового документу .....	80
10.3 Налаштування робочих параметрів креслення .....	82
10.4 Збереження документа.....	84
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	85
11 ЕКРАН СИСТЕМИ КОМПАС ТА ЇЇ ГОЛОВНІ ПАНЕЛІ Й МЕНЮ .....	86
11.1 Стандартна панель екрана .....	87
11.2 Панель «ВИД».....	87
11.3 Панель «ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ» .....	88
11.4 Компактна панель інструментів.....	89
11.4.1 Інструментальна панель «Геометрия».....	90
11.4.2 Інструментальна панель «Размеры» .....	92
11.4.3 Інструментальна панель «Обозначения».....	93
11.4.4 Інструментальна панель «Редактирование».....	94
11.4.5 Інструментальна панель «Параметризация» .....	94
11.4.6 Інструментальна панель «Выделение» .....	96
11.4.7 Інструментальна панель «Измерения 2D».....	98
11.5 Панель властивостей.....	99
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	99
12 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ У СИСТЕМІ КОМПАС .....	100
12.1 Одиниці вимірювання.....	100
12.2 Способи введення параметрів об'єктів .....	100
12.3 Основні типи документів у системі КОМПАС .....	101
12.4 Способи створення об'єктів .....	101
12.5 Єдина система конструкторської документації .....	102
12.6 Порядок розроблення креслень деталей .....	105
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	106
13 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ В СИСТЕМІ КОМПАС .....	107
13.1 Засоби забезпечення точності побудови об'єктів .....	107

13.1.1	Дискретне переміщення курсора .....	107
13.1.2	Зміна форми курсору .....	108
13.1.3	Встановлення курсора на початок координат .....	108
13.1.4	Характерні точки об'єктів .....	109
13.1.5	Координатна сітка. Прив'язки .....	109
13.2	Креслярські вигляди і шари.....	115
13.2.1	Локальна система координат .....	115
13.2.2	Створення креслярських виглядів .....	115
13.2.3	Стан виглядів .....	117
13.2.4	Креслярські шари.....	119
13.2.5	Дерево побудови.....	122
13.3	Виміри на кресленні й розрахунок МЦХ.....	123
13.3.1	Розрахунок МЦХ плоских фігур.....	123
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....		124
14	ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ .....	125
14.1	Зміна структури документа креслення .....	125
14.2	Налаштування параметрів креслення .....	126
14.3	Уведення знака невказаної шорсткості.....	126
14.4	Уведення технічних вимог креслення .....	128
14.5	Заповнення основного надпису.....	132
14.6	Створення таблиць.....	134
14.6.1	Заходи корегування таблиць .....	136
14.6.2	Збереження таблиць.....	141
14.7	Створення текстового документа і введення тексту в готовий документ креслення .....	141
14.7.1	Уведення текстових надписів .....	141
14.7.2	Редагування положення та тексту надпису.....	146
14.7.3	Особливості роботи в текстовому редакторі.....	147
14.8	Друк креслення .....	149
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....		156
15	СТВОРЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЇ ЗБІРНОГО КРЕСЛЕННЯ .....	157
15.1	Режим створення специфікацій.....	157
15.2	Рядок меню в режимі створення специфікації .....	158
15.3	Панель «Вид» у режимі створення специфікації .....	160
15.4	Панель «Текущее состояние» у режимі створення специфікації .....	160
15.5	Компактна панель інструментів у режимі створення специфікації ...	161
15.5.1	Компактна панель з відкритою панеллю «Форматирование».....	162
15.5.2	Компактна панель з відкритою панеллю «Вставка в текст» .....	162
15.6	Панель властивостей у режимі створення специфікації.....	163

15.7 Створення розділу специфікації у файлі збірною креслення .....	163
15.8 Редагування текстової частини .....	165
15.9 Налаштування специфікації .....	166
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	168
16 БІБЛІОТЕКИ СИСТЕМИ. ПІДКЛЮЧЕННЯ БІБЛІОТЕК .....	169
16.1 Бібліотека як додаток системи КОМПАС-3D .....	169
16.2 Діалогове вікно Менеджер бібліотек .....	169
16.3 Підключення бібліотек .....	173
16.4 Режими роботи бібліотеки .....	175
16.5 Робота з бібліотекою «Матеріал» .....	177
16.6 Панелі інструментів «Конструкторской библиотеки» .....	179
16.6.1 Панель інструментів «Профили» .....	179
16.6.2 Панель інструментів «Конструктивные элементы» .....	180
16.6.3 Панель інструментів «Крепёжные изделия» .....	180
16.7 Бібліотека КОМПАС-SPRING .....	181
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	183
17 3D МОДЕЛЮВАННЯ У КОМПАСІ .....	184
17.1 Створення файлу моделі .....	184
17.2 Особливості інтерфейсу .....	185
17.2.1 Керувальні елементи та команди .....	185
17.2.2 Компактна панель інструментів .....	187
17.3 Керування зображенням .....	200
17.3.1 Поворот моделі .....	200
17.3.2 Вибір об'єктів у вікні моделі .....	201
17.3.3 Орієнтація моделі .....	203
17.4 Діалог налаштування параметрів керування зображенням .....	205
17.5 Відображення моделі .....	207
17.6 Фільтри об'єктів .....	211
17.6.1 Вибір прихованих, співпадаючих або близько розташованих об'єктів .....	212
17.6.2 Установлення фільтрів виведення .....	213
17.7 Вибір об'єктів у Дереві побудови .....	214
17.7.1 Вибір об'єктів .....	214
17.8 Налаштування кольору фону екрану для моделей .....	215
17.9 Налаштування кольору виділених об'єктів .....	216
17.10 Керування видимістю об'єктів .....	218
17.11 Керування відображенням елементів .....	219
17.12 Діалог налаштування кольору моделі .....	221
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	223

18 ОСНОВНІ ПРИЙОМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ .....	224
18.1 Вимоги до ескізів .....	224
18.1.1 Вимоги до елемента витискування .....	224
18.1.2 Вимоги до елемента обертання .....	225
18.1.3 Вимоги до кінематичного елемента .....	225
18.2 Загальні властивості формоутворювальних елементів .....	227
18.2.1 Створення основи деталі .....	228
18.2.2 Створення ескізу основи .....	228
18.2.3 Виконання формоутворювальних операцій .....	231
18.2.4 Команда «Деталь-заготовка» .....	233
18.2.5 Робота з іншими командами формоутворювальних елементів .....	234
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	236
19 ПРОЕКТУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ У СИСТЕМІ КОМПАС ..	237
19.1 Режим створення збірки 3D .....	237
19.2 Компактна панель в режимі «Сборка» .....	238
19.3 Особливості створення моделі збірки .....	240
19.3.1 Контроль зіткнень .....	241
19.3.2 Редагування збірки .....	242
19.3.3 Перевірка перетинів компонентів .....	244
19.4 Приклад проектування моделі способом «знизу – вгору» .....	246
19.5 Рознесення компонентів збірки .....	252
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	253
Частина III. ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ. ПРОГРАМА SinSys .....	254
20 ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ І КОНСТРУЮВАННЯ В КОМПАС-3D .....	255
20.1 Програмні продукти для конструкторської підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці .....	255
20.1.1 Інтегрована система моделювання тіл обертання КОМПАС-Shaft 3D .....	255
20.1.2 Бібліотека анімації .....	256
20.1.3 Бібліотека фотореалістики .....	257
20.1.4 Проектування електрообладнання .....	258
20.1.5 Спільна робота КОМПАС-3D з іншими системами .....	264
20.2 Програмні продукти для технологічної підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці .....	265
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	269
21 ПРОГРАМА SinSys .....	270
21.1 Особливості спеціальних програмних продуктів .....	270

21.2 Застосування програми SinSys .....	273
21.3 Підготовка фрагментів ілюстрацій .....	283
21.4 Економічний аналіз проекту .....	288
21.5 Інші завдання під час підготовки комп'ютерних проектів.....	290
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	291
Частина IV. ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ .....	292
22 РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	293
22.1 Розроблення функціональної та структурної схем .....	293
22.2 Розроблення структурних і функціональних схем компонентів .....	297
22.2.1 Розрахунок дискретних датчиків .....	298
22.2.2 Розрахунок аналогових датчиків .....	299
22.3 Розроблення структурної схеми цифрового пристрою.....	300
22.3.1 Цифровий пристрій із дискретними датчиками.....	300
22.3.2 Цифровий пристрій з аналоговим датчиком .....	301
22.3.3 Розроблення генератора тактових імпульсів.....	303
22.4 Проектування пристроїв керування електроприводами .....	306
22.5 Проектування технічного дизайну цифрового пристрою.....	307
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	310
Частина V. ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	311
23 ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ І КОМПЛЕКСІВ.....	312
23.1 Розроблення діагностичних комплексів .....	312
23.2 Розроблення структурної схеми діагностичного контролю електромеханічного обладнання .....	313
23.3 Підхід для реалізації дискретного експрес-аналізу обладнання .....	315
23.3.1 Представлення логічних функцій .....	316
23.3.2 Моделювання несправностей дискретних пристроїв .....	321
23.4 Проектування та реалізація дискретних приймальних елементів.....	326
23.5 Підхід для реалізації цифрового експрес-аналізу обладнання.....	331
23.5.1 Застосування аналогових датчиків для засобів діагностики .....	331
23.5.2 Проектування засобів кодування аналогової інформації .....	336
23.6 Проектування засобів дистанційної передачі інформації.....	340
23.7 Проектування візуальних засобів сповіщення .....	342
23.7.1 Розроблення оригінальних діагностичних засобів сповіщення ...	345
23.8 Організація автоматизованого робочого місця для діагностування транспорту .....	347
23.9 Технічний дизайн діагностичних пристроїв.....	349
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	350
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	351
СПИСОК ТЕРМІНІВ .....	352

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- CAD – Computer Aided Design – комп’ютерна підтримка конструювання
- CAE – Computer Aided Engineering – комп’ютерна підтримка інженерного аналізу
- CFV – Computer Aided Manufacturing – комп’ютерна підтримка виготовлення
- CALS – Computer Aided Logistic Systems – автоматизовані логістичні системи
- CAPP – Computer Automated Process Planing – етап технологічної підготовки виробництва
- PDM – Product Data Management – системи керування проектними даними
- АБД – автоматизований банк даних
- АС – автоматизована система
- АСК – автоматизована система керування
- АСКП – автоматизована система керування підприємством
- АСНД – автоматизована система наукових досліджень
- АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва
- АРМ – автоматизовані робочі місця
- АТС – автономні технологічні системи
- АЦП – аналогово-цифровий перетворювач
- БД – база даних
- БЖ – блок живлення
- БнД – банк даних
- ВЕ – виконавчий елемент
- ВЕТ – вироби електронної техніки
- ВК – вбудований контроль
- ВКТ – вбудований контроль технологічний
- ВКФ – вбудований контроль функціональний
- ВП – виконавчі пристрої
- ВО – виконавчий орган
- ВС – вимірювальні системи
- ГВС – гнучка виробнича система
- Г АВ – гнучке автоматизоване виробництво
- ДДНФ – досконала диз’юнктивна нормальна форма ЛФ
- ДКС – комплексні діагностичні системи
- ДСК – дійсна система координат

ДЖ – джерело живлення  
ДК – діагностичні комплекси  
ДП – діагностичні пристрої  
ЄІП – єдиний інформаційний простор  
ЕО – електрообладнання  
ЕМО – електромеханічне обладнання  
ЕОМ – електронна обчислювальна машина  
ЕТПВ – етап технологічної підготовки виробництва  
ЗЕ – задавальний елемент (задатчик)  
ІЗ – інформаційне забезпечення  
ІЛТ – інформаційно-логічна таблиця  
ІПС – інформаційно-пошукова система  
ІТ – імпульсний трансформатор  
КП – керувальна програма  
КСАП – комплексна система автоматизованого проектування  
ЛЗ – лінгвістичне забезпечення  
ЛК – ліва кнопка миші  
ЛСК – локальна система координат  
ЛФ – логічна функція  
МЗ – математичне забезпечення  
МКЕ – метод кінцевих елементів  
МтЗ – методичне забезпечення  
НКП – низьковольтні комплектні пристрої  
ОЗ – організаційне забезпечення  
ОК – обчислювальний комплекс  
ОС – операційна система  
ПЕ – приймальний елемент  
ПрЕ – проміжний елемент,  
ПЗ – програмне забезпечення  
ПК – персональний комп'ютер  
ПЛК – програмовані логічні контролери  
ПМК – програмно-методичний комплекс  
ПОЦС – пристрій обробки цифрових сигналів  
ПТК – програмно-технічний комплекс  
ПП – пакети програм  
ППП – пакети прикладних програм  
ПрК – права кнопка миші  
ПТК – програмно-технічний комплекс  
РЗА – релейний захист й автоматики



СА – система автоматизації  
САД – система автоматичного діагностування  
САПР – система автоматизованого проектування  
СКБД – система керування базами даних  
ТД – технічна діагностика  
ТЗ – технічні засоби або технічне забезпечення  
ТК – таблиця Карно  
ТО – технологічний об'єкт  
ТС – технологічна система  
ТПВ – технологічна підготовка виробництва  
ТП – технологічний процес  
УГП – умовні графічні позначення  
ФД – функціональна діагностика  
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач  
ЦБК – центральні обчислювальні комплекси  
ЦПК – цифровий пристрій керування  
ШІМ – широтно-імпульсна модуляція  
ЧПК – чисельно-програмне керування

## ВСТУП

Широке впровадження комп'ютеризації в умовах науково-технічного прогресу забезпечує збільшення продуктивності праці в суспільному виробництві. Водночас коли продуктивність праці у сфері виробництва з початку століття виросла в сотні разів, то в області проектування ця величина тільки наближається до двократного збільшення. Тривале проектування зазвичай є причиною затримання впровадження досягнень науки та техніки в промисловості, що не відповідає потребам розвитку економіки. Такий стан справ обумовлюється і з модернізацією діючого обладнання на об'єктах різного призначення.

Для розроблення проектів удосконалення технологічних об'єктів транспорту нині застосовують системи автоматизованого проектування (далі – САПР), які реалізуються за допомогою персональних комп'ютерів (далі – ПК) і спеціального програмного забезпечення. Одним із важливих досягнень САПР слід вважати акумуляцію величезного досвіду проектування технічних засобів різного призначення, накопиченого кваліфікованими інженерами-конструкторами, який реалізований у програмному продукті.

Автоматизоване проектування дає змогу значно скоротити суб'єктивізм при ухваленні рішень, підвищити точність розрахунків, вибрати якнайкращі варіанти для реалізації на основі строгого математичного аналізу всіх або більшості варіантів проекту з оцінкою технічних, технологічних і економічних характеристик виробництва і експлуатації проектованого об'єкта.

САПР сприяє скороченню термінів проектування і передачі конструкторській документації у виробництво, в якій в повному об'ємі використовуються не тільки уніфіковані вироби й стандартні компоненти, але й всі застарілі елементи діючих пристроїв, властивості яких не погіршали за час їх експлуатації.

У даному навчальному посібнику разом з освоєнням системи для автоматизованого проектування на основі програмного продукту САПР КОМПАС розглянуто практичні приклади, з вирішенням яких стикаються інженери-електромеханіки на об'єктах транспорту, оснащених нестандартним устаткуванням. До таких завдань належать: проектування пристроїв для обробки різних деталей механічного устаткування при їх ремонті, великого асортименту електротехнічного устаткування, засобів автоматизації технологічних об'єктів і установок, пристроїв діагностування компонентів електромеханічного устаткування до і після їх ремонту, ексклюзивних локальних водоочисних установок безперервної дії, вживаних при щоденному обслуговуванні транспорту в мийно-прибиральних корпусах, різноманітного

обладнання, що підвищує рівень охорони праці персоналу депо та ін. Багато цих проектів повинні відображати оригінальний технічний дизайн розробок, враховувати ергономічні вимоги й обов'язково забезпечувати безпеку праці обслуговуючого персоналу.

При використанні САПР КОМПАС можливе застосування бібліотеки додаткових програмних продуктів, що дозволяють виконувати рутинні розрахунки великої кількості номіналів, особливо однотипних елементів в електротехнічних пристроях, для скорочення терміну вибору їх з номенклатури компонентів, що серійно випускаються промисловістю.

У САПР конструктору надається можливість визначити допустимий знос компонентів устаткування при експлуатації. У прикладах розглядаються величини, контроль яких побічно може служити параметром для діагностування, наприклад, деталей навіть при щоденному огляді механічного устаткування транспорту.

Пропонований авторський оригінальний навчальний продукт SinSys (синтез систем автоматики) демонструє можливості сучасних Windows-додатків для виконання рутинних розрахунків автоматизації отриманих даних проведення економічного аналізу конструкторського рішення на основі дослідження патентного пошуку аналогічних технічних розробок та ін.

Освоєння САПР і використання цих можливостей, орієнтованих на певний клас завдань які будуються за модульним принципом з універсальними інформаційними зв'язками між ними, а вирішення задач виконується у строго певному класі устаткування з єдиними інформаційним масивом і банками даних.

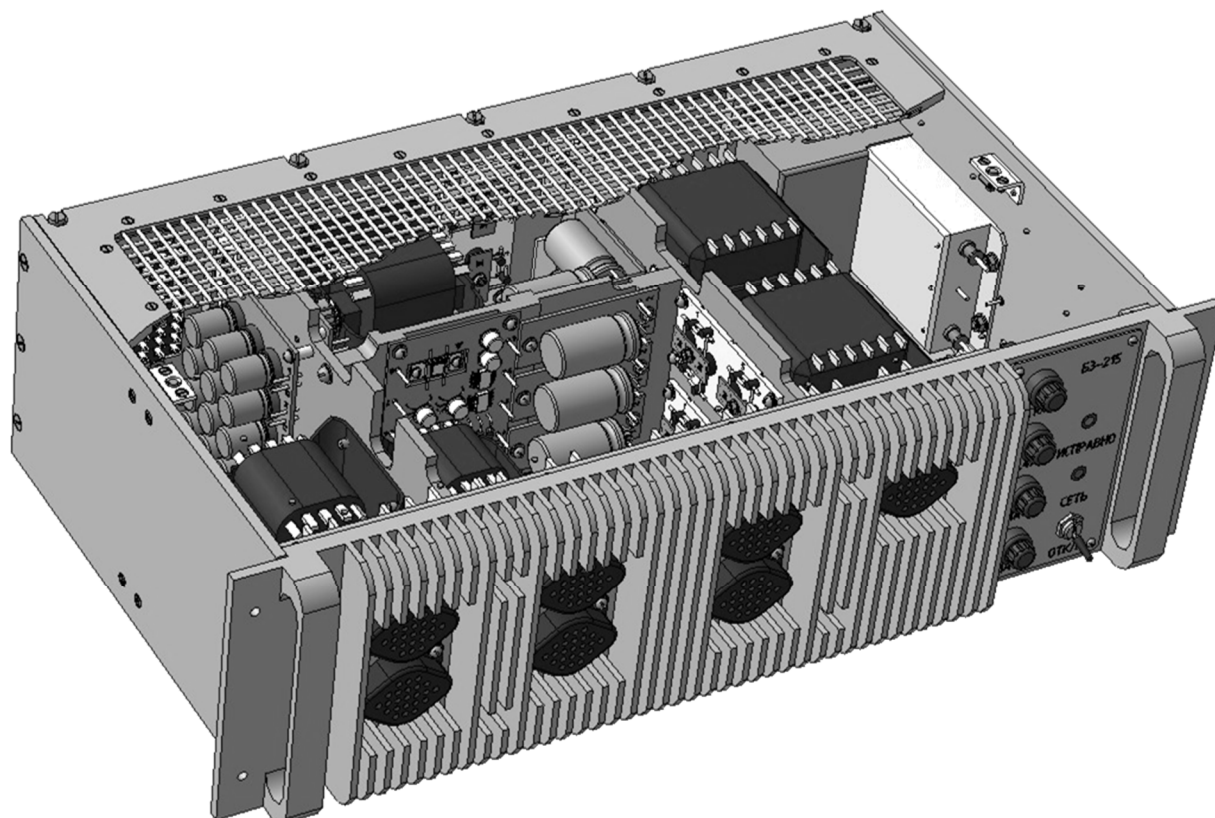
Освоєння САПР охоплює питання технічної естетики і дизайну з метою прищепити у проектувальників естетичне відчуття розглядати проектовані пристрої як вироби, якими приємно і зручно буде користуватися і при експлуатації, і під час ремонту.

Немає сумніву, що сучасні методи проектування автоматизованих технологічних об'єктів (ТО) за допомогою програмних засобів постійно удосконалюватимуться, а їх освоєння сприятиме формуванню фахівців, підготовка яких суттєво відрізняється від покоління інженерів, знання яких отримувалися без сучасних персональних комп'ютерів.

Навчальний посібник підготовлено для дисциплін «Автоматизоване проектування електромеханічних систем», «Проектування цифрових систем керування», «Аналіз та синтез цифрових систем керування» та «Діагностичні комплекси» призначений для студентів електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів та спеціалістів, які займаються проектуванням електромеханічного та іншого обладнання.

## ЧАСТИНА І.

### СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ І ЇХ СТРУКТУРА



# 1 ВСТУП ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Поняття автоматизованого проектування

Під *автоматизацією проектування* розуміється такий спосіб виконання процесу розроблення проекту, коли проектні процедури й операції здійснюються розробником виробу за умови тісної взаємодії з ПК.

**Система автоматизованого проектування (далі – САПР)** – це система, що включає користувача (інженера, конструктора, технолога) і комплекс засобів автоматизації проектування, які утворюють технічне (далі – ПК), програмне, математичне, інформаційне, лінгвістичне, методичне, організаційне забезпечення.

Розрізняють автоматизоване й автоматичне проектування. **Автоматизованим** називають проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта і алгоритму його функціонування, а також представлення описів на різних мовах здійснюються взаємодією людини і ПК. **Автоматичним** є проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта й алгоритму його функціонування, а також представлення опису на різних мовах здійснюються без участі людини [1].

Розвиток САПР ґрунтується на сучасній науково-технічній базі. До неї належать засоби обчислювальної техніки – мікро-ЕОМ і міні-ЕОМ, персональні комп'ютери, обчислювальні системи, розподільні обчислювальні мережі, нові методи подання та обробки інформації, побудовані на принципах штучного інтелекту, а також нові чисельні методи вирішення складних технічних завдань і оптимізації.

Сучасний ринок САПР пропонує широкий спектр програмних продуктів для вирішення великого кола завдань за допомогою ПК, усі ці продукти можна класифікувати за рівнями [1].

## 1.2 Структура САПР

САПР складається з підсистем (рис. 1.1). Розрізняють підсистеми проєктувальні й обслуговчі.

*Проектувальні* підсистеми безпосередньо виконують проектні процедури. Прикладами проєктувальних підсистем можуть слугувати підсистеми геометричного тривимірного моделювання механічних об'єктів, виготовлення конструкторської документації, аналізу схемотехніки, трасування з'єднань у друкарських платах.

Обслуговчі підсистеми забезпечують функціонування проектуючих підсистем, їх сукупність зазвичай називають системним середовищем (або оболонкою) САПР. Типовими обслуговчими підсистемами є *підсистеми керування проектними даними (PDM – Product Data Management)*, *керування процесом проектування (DESPM – Design Process Management)*, призначеного для користувача інтерфейсу, для зв'язку розробників з ЕОМ, *CASE (Computer Aided Software Engineering)*, для розроблення й супроводу програмного забезпечення САПР, навчальні підсистеми для освоєння користувачами технологій, реалізованих у САПР [2].

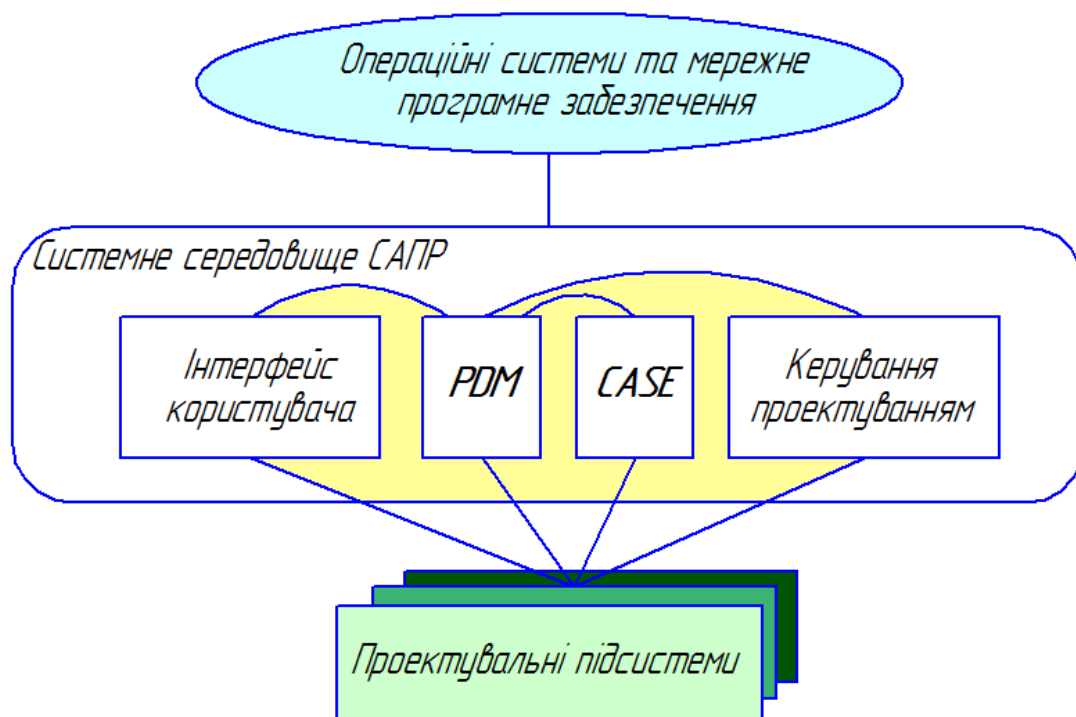


Рисунок 1.1 – Структура програмного забезпечення САПР

САПР складається із семи взаємопов'язаних засобів забезпечення:

- *технічне (далі – ТЗ)* – включає різні апаратні засоби (ЕОМ, периферійні пристрої, мережне комутаційне обладнання, лінії зв'язку, вимірювальні засоби);
- *математичне (далі – МЗ)* – об'єднує математичні методи, моделі й алгоритми для виконання проектування;
- *програмне (далі – ПЗ)* – представлене комп'ютерними програмами САПР;
- *інформаційне (далі – ІЗ)* – складається з баз даних (далі – БД), систем керування базами даних (далі – СКБД), а також інших даних, використовуваних при проектуванні; відзначимо, що вся сукупність використовуваних при проектуванні даних називається інформаційним фондом САПР, а БД разом із СКБД має назву банку даних (далі – БНД);

– *лінгвістичне (далі – ЛЗ)* – виражається мовами спілкування між проектувальниками і ЕОМ, мовами програмування та мовами обміну даними між технічними засобами САПР;

– *методичне (далі – МтЗ)* – включає різні методики проектування, іноді до МтЗ відносять також математичне забезпечення;

– *організаційне (далі – ОЗ)* – представлене штатними розкладами, посадовими інструкціями та іншими документами, що регламентують роботу проектного підприємства

Нижче докладніше розглядаються різновиди забезпечення САПР та їх взаємозв'язок.

### 1.3 Різновиди САПР

Серед найпоширеніших виокремлюють такі групи САПР [2]:

1. САПР для застосування в галузях загального машинобудування. Їх ще називають машинобудівними САПР або *MCAD (Mechanical CAD)* системами.

2. САПР для радіоелектроніки. Їхні назви – *ECAD (Electronic CAD)* або *EDA (Electronic Design Automation)* системи.

3. САПР у сфері архітектури та будівництва.

Крім того, відома велика кількість більш спеціалізованих САПР, які або виокремлюються у вказаних групах, або становлять самостійну гілку в класифікації. Прикладами таких систем є САПР *великих інтегральних схем (BIC)*; САПР літальних апаратів, САПР електричних машин тощо.

**За цільовим призначенням** розрізняють САПР або підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти проектування. Отже, у складі MCAD є CAE/CAD/CAM системи:

1) *САПР функціонального проектування*, інакше САПР-Ф або *CAE (Computer Aided Engineering)* системи;

2) *конструкторські САПР загального машинобудування* – САПР-К, зазвичай звані просто *CAD-системами*;

3) *технологічні САПР загального машинобудування* – САПР-Т, інакше звані *автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва (далі – АСТПВ)* або системами *CAM (Computer Aided Manufacturing)*.

**За масштабами** розрізняють окремі програмно-методичні комплекси (далі – ПМК) САПР, наприклад, комплекс аналізу міцності механічних виробів відповідно до *методу кінцевих елементів (далі – МКЕ)* або комплекс аналізу електронних схем, системи ПМК; системи з унікальною

архітектурою не тільки програмного (software), але і технічного (hardware) забезпечення.

*За особливостями базової підсистеми* розрізняють такі різновиди САПР:

1. *САПР на базі підсистеми машинної графіки та геометричного моделювання.* Ці САПР орієнтовані на додатки, де головною процедурою проектування є конструювання та визначення просторових форм і взаємного розташування об'єктів. Тому до цієї групи систем належать більшість графічних ядер САПР у сфері машинобудування.

Нині з'явилися уніфіковані графічні ядра, вживані більш ніж у одній САПР, це ядра Parasolid фірми EDS I'mgraphics і ACIS фірми Intergraph.

2. *САПР на базі СКБД.* Вони орієнтовані на додатки, в яких у разі порівняно нескладних математичних розрахунків переробляється великий обсяг даних. Такі САПР переважно зустрічаються, наприклад, під час проектування бізнес-планів, але можуть бути також під час проектування об'єктів, подібних до щитів керування в системах автоматики.

3. *САПР на базі певного прикладного пакету.* Фактично це автономно використовувані програмно-методичні комплекси, наприклад, імітаційного моделювання виробничих процесів, розрахунку міцності за методом кінцевих елементів, синтезу й аналізу систем автоматичного керування тощо. Зазвичай такі САПР належать до систем САЕ. Прикладами можуть слугувати програми логічного проектування на базі мови VHDL, математичні пакети типу MATHCAD.

4. *Комплексні (інтегровані) САПР,* що складаються із сукупності підсистем попередніх різновидів САПР. Характерними прикладами комплексних САПР є САЕ/CAD/CAM-системи в машинобудуванні або САПР ВІС. Отже, САПР ВІС включає СКБД і підсистеми проектування компонентів, принципів, логічних і функціональних схем, топології кристалів, тестів для перевірки придатності виробів. Для керування такими складними системами застосовують спеціалізовані системні середовища.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Наведіть визначення поняття автоматизованого проектування.
2. Чим відрізняється автоматичне проектування від автоматизованого?
3. Що таке САПР?
4. Назвіть структуру САПР.
5. Які різновиди САПР Ви знаєте?



## 2 ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Вимоги до систем автоматизованого проектування

1. Удосконалення методів проектування, зокрема використання методів багатоваріантного проектування та оптимізації для пошуку ефективних варіантів і ухвалення рішень.

2. Підвищення частки творчої праці інженера-проектувальника.

3. Підвищення якості проектної документації.

4. Удосконалення керування процесом розроблення проектів.

5. Часткова заміна натурних експериментів і макетування моделюванням на ЕОМ.

6. Зменшення обсягу випробувань і доведення дослідних зразків унаслідок підвищення рівня достовірності проектних рішень і, отже, зниження тимчасових витрат.

На сьогодні ситуація в сфері САПР технічних систем склалася так, що утворився очевидний розрив між *спеціалізованим інформаційним і програмним забезпеченням*, що реалізовує проектний розрахунок виробів на різних етапах проектування (спеціалізовані САПР), і інструментальними засобами проектування на ЕОМ. Якщо в першому випадку вітчизняна наука має незаперечні пріоритети як у сфері математичного моделювання технічних систем, побудови інформаційного і програмного забезпечення, так і у сфері розроблення процедур ухвалення рішень, то в сфері побудови просторових геометричних моделей деталей і вузлів є істотне відставання від зарубіжних розробок.

*Інструментальні засоби* – це CAD/CAE/CAM-системи, які останнім часом набули великого поширення у двигунобудуванні.

### 2.2 Призначення CAD/CAE/CAM-систем

CAD/CAE/CAM-системи призначені для комплексної автоматизації проектування, конструювання та виготовлення продукції машинобудування. У них фактично об'єднані три системи різного призначення, розроблені на єдиній базі, аббревіатури, які розшифровуються у такий спосіб:

– CAD – *Computer Aided Design* – комп'ютерна підтримка конструювання;

– CAE – *Computer Aided Engineering* – комп'ютерна підтримка інженерного аналізу;

– *CAM – Computer Aided Manufacturing* – комп’ютерна підтримка виготовлення;

– *PDM – Product Data Management* – системи керування проектними даними.

Розподіл CAD/CAE/CAM-систем за етапами технологічної підготовки виробництва (далі – ТПВ):

1. *Етап конструювання (CAD, CAE)* – припускає об’ємне і плоске геометричне моделювання, інженерний аналіз на розрахункових моделях високого рівня, оцінку проектних рішень, отримання креслень.

2. *Етап технологічної підготовки виробництва* (далі – ЕТПВ) – на Заході називають *CAPP (Computer Automated Process Planing)* – припускає розроблення технологічних процесів, технологічного оснащення, керувальних програм (далі – КП), для обладнання з чисельно-програмним керуванням (далі – ЧПК). Сюди входить завдання САПР ТП – розроблення технологічної документації (маршрутної, операційної), що доводиться до робочих місць і регламентує процес виготовлення деталі.

3. *Конкретний опис обробки* на обладнанні з ЧПК у вигляді керувальних програм уводиться в систему автоматизованого керування виробничим обладнанням, яку на Заході називають *CAM*.

#### *CAE-системи*

Системи, використовувані для аналізу й оцінки функціональних властивостей проєктованих двигунів, їхніх систем, вузлів і деталей, охоплюють широке коло завдань моделювання пружно-напруженого, деформованого, теплового стану, коливань конструкції, стаціонарного та нестаціонарного газодинамічного і теплового моделювання з урахуванням в’язкості, турбулентних явищ, прикордонного шару тощо. Найпоширеніші CAE-системи, що використовують вирішення систем диференціальних рівнянь у приватних похідних методом кінцевих елементів (далі – МКЕ). Вони поділяються на універсальні системи аналізу з використанням МКЕ і спеціалізовані. В авіадвигунобудуванні найвідоміші такі універсальні системи, як Nastran, Ansys, вітчизняні ІСПА, КОСМОС та інші, що дають змогу виконувати різні види аналізу на розподіленому рівні. Спеціалізовані системи МКЕ орієнтовані на певні різновиди аналізу. Прикладами таких систем можуть бути пакети Flotran, Fluid, призначені для моделювання гідрогазодинамічних процесів, OPTRIS – для моделювання деформацій тощо.

#### *PDM-системи*

Використовують на всіх етапах проєктування, даючи змогу здійснювати режим колективного проєктування, автоматизуючи функції управління, що

обумовлюються цим режимом: призначення та забезпечення класу відповідальності, прав доступу, ведення бази даних проекту тощо.

### 2.3 Рівні CAD/CAE/CAM-систем

Залежно від функціональних можливостей, набору модулів і структурної організації CAD/CAE/CAM системи можна умовно розподілити на три групи: легкі, середні й важкі системи (рис. 2.1).

*Легкі системи.* Це перший в історичному розвитку клас систем. Серед цієї категорії можна виокремити такі системи, як CAD-KEY, Personal Designer, ADEM, T-Flex. Вони зазвичай використовуються на персональних комп'ютерах окремими користувачами. Такі системи призначені переважно для якісного виконання креслень. Вони можуть також використовуватися для двовимірного (2D) моделювання та нескладних тривимірних побудов.

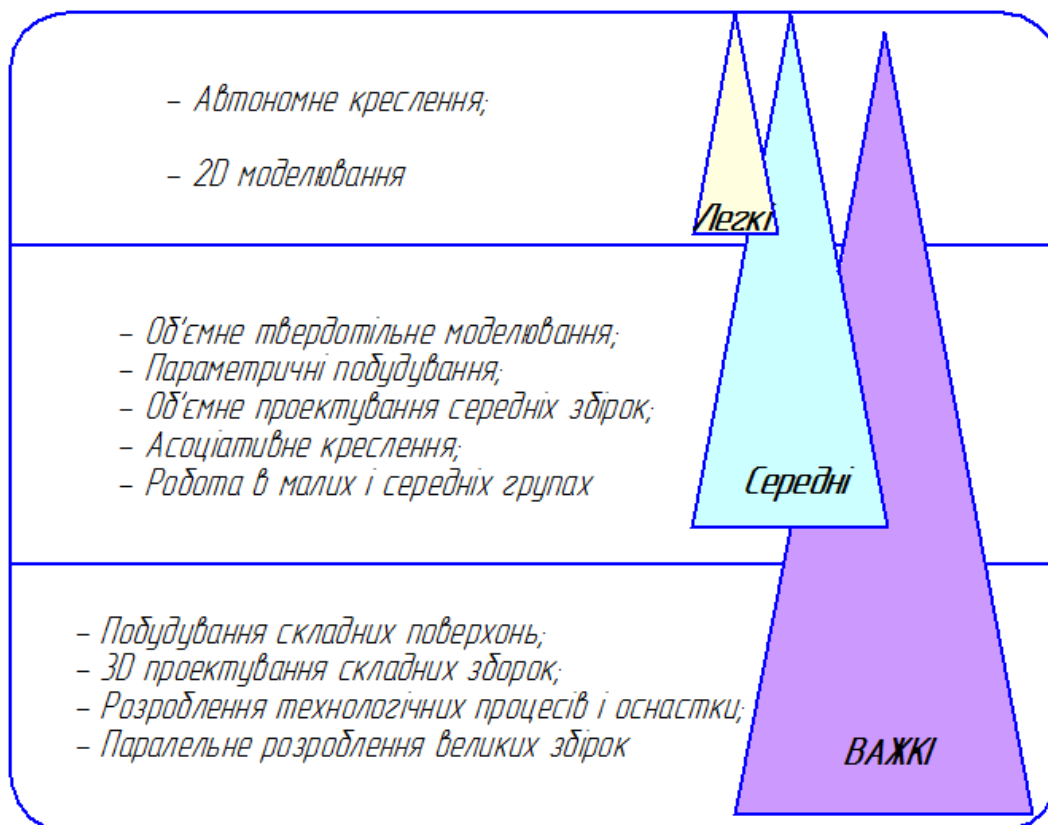


Рисунок 2.1 – Класи CAD/CAE/CAM-систем і обсяги виконуваних функцій

Ці системи досягли останнім часом високого рівня досконалості. Вони прості у використанні, містять безліч бібліотек стандартних елементів, підтримують різні стандарти оформлення графічної документації.

*Системи середнього класу.* Це клас, що з'явився порівняно недавно, щодо недорогих тривимірних систем CAD. До нього належать

системи AMD, Solid Edge, Solid Works, AUTOCAD, КОМПАС тощо. Їхня поява обумовлена із збільшенням потужності персональних комп'ютерів і розвитком операційної системи. За їхньою допомогою можна виконувати до 80 % типових машинобудівних завдань, не залучаючи великі й дорогі CAD/CAM-системи важкого класу.

Більшість систем середнього класу ґрунтуються на тривимірному твердотільному моделюванні. Вони дають змогу проектувати більшість деталей загального машинобудування, збірні одиниці середнього рівня складності, виконувати спільну роботу групам конструкторів. У цих системах можливо проводити аналіз перерізів і зазорів у складках.

*Системи важкого класу.* Такі системи надають повний набір інтегрованих засобів проектування, виробництва, аналізу виробів. До цієї категорії систем належать ANSYS, EDS/Unigraphics, Inventor, NASTRAN, ALIAS, ADAMS, I-DEAS, CATIA, Pro/ENGINEER, CADD5, EUCLID, Cimatron. Вони використовують потужні апаратні засоби, зазвичай, робочі станції з операційною системою UNIX.

Системи важкого класу дають змогу вирішувати широкий спектр конструкторсько-технологічних завдань. Окрім функцій, доступних системам середнього класу, важким CAD/CAM-системам доступно:

- проектування деталей найскладнішого типу, що містять дуже складні поверхні;
- виконання побудови поверхонь за результатами обміру реальної деталі, виконання згладжування поверхонь і складних з'єднань;
- проектування масивних зборок, що потребують ретельного компонування та що містять елементи інфраструктури (кабельні джгути, трубопроводи);
- робота зі складними збірками в режимі варіантного аналізу для швидкого перегляду й оцінки якості компонування виробу.

## **2.4 Модульність CAD/CAE/CAM-систем**

Сучасним системам CAD/CAM властивий модульний принцип побудови. Нижче перелічений склад базових модулів для CAD, CAM і PDM-систем [2].

*Модулі CAD-систем:*

- створення об'ємної моделі деталі й вузлів зі статичним аналізом складності виробів;
- проектування поверхонь будь-якої складності;
- параметризація розмірів деталей;

- оформлення складальних і моделювальних креслень за об'ємними моделями відповідно до стандартів;
- фотореалістичне відображення виробу з урахуванням текстури матеріалу, кольору й шорсткості поверхні;
- виведення зображення на плотер;
- імпорт-експорт моделі між різними CAD-системами через інтерфейси.

*Модулі САМ-систем:*

- проектування технологічних процесів виготовлення продукції та оснащення;
- динамічний контроль процесу збирання;
- вибір параметрів холодного штампування (імітується весь процес штампування, зокрема «накладення» штампувальних пристроїв на поверхню деталі);
- створення та налаштування програм для верстатів із ЧПК (моделюється кінематика верстата, його робоча зона, стійка керування, заготовка, її кріплення та інструмент; на екрані детально відображується процес обробки);
- оптимізація параметрів процесів литва деталей із пластмас;
- модулі програмування для верстатів із ЧПК;
- створення, редагування та моделювання програм вимірювання та контролю відповідності деталі її об'ємної моделі за допомогою координатно-вимірювальної машини.

*Модулі PDM-систем:*

- керування загальною для розробників базою даних;
- інформаційно-пошукова система документування;
- автоматизований розподіл завдань між розробниками;
- завдання статусу кожного розробника;
- визначення структури інформаційних потоків;
- визначення комплексу документації;
- контроль змін;
- контроль виконання мережного план-графіка проекту;
- контроль повноти різномірної інформації про виріб:
  - геометричні дані (модель з розмірами та допусками);
  - креслення;
  - властивості матеріалів;
  - специфікації;
  - результати міцнісних розрахунків;
  - технологічні процеси виготовлення;
  - програми для верстатів із ЧПК;

- вартість компонентів;
- фотореалістичні зображення тощо;
- автоматизоване створення звітів про проекти за цими даними;
- архівація.

#### *Рівні архівації моделі виробу*

Електронна модель виробу, що складається з перелічених даних, проходить у процесі створення три рівні архівації:

- 1) архів розробника;
- 2) архів групи розробників;
- 3) загальний архів готових проектів.

Переміщення інформації на вищий рівень відбувається внаслідок «електронного підпису» особи, яка ухвалює рішення.

## **2.5 Функції, властивості та приклади CAE/CAD/CAM-систем**

Функції CAD-систем у машинобудуванні підрозділяють на функції *двовимірного (2D)* і *тривимірного (3D)* проектування. До функцій 2D належать креслення, оформлення конструкторської документації, до функцій 3D – отримання тривимірних моделей, метричні розрахунки, реалістична візуалізація, взаємне перетворення 2D і 3D моделей [2].

*Головні функції CAM-систем:* розроблення технологічних процесів, синтез керувальних програм, для технологічного обладнання з числовим програмним керуванням (далі – ЧПК), моделювання процесів обробки, зокрема побудова траєкторій відносного руху інструменту та заготовлення в процесі обробки, генерація процесорів посту для певних типів обладнання з ЧПК (NC – Numerical Control), розрахунок норм часу обробки.

*Функції CAE-систем* досить різноманітні, оскільки вони обумовлюються проектними процедурами аналізу, моделювання, оптимізації проектних рішень. До складу машинобудівних CAE-систем насамперед належать програми для таких процедур:

- моделювання полів фізичних величин, зокрема аналіз міцності, який зазвичай виконується відповідно до МКЕ;
- розрахунок станів і перехідних процесів на макрорівні;
- імітаційне моделювання складних виробничих систем на основі моделей масового обслуговування та мереж.

*Приклади систем моделювання полів фізичних величин відповідно до МКЕ:* Nastran, Ansys, Cosmos, Nisa, Moldflow. *Приклади систем моделювання динамічних процесів на макрорівні:* Adams і Dyna – у механічних системах, Spice – в електронних схемах, ПА9 – для багатоаспектного моделювання,

тобто для моделювання систем, принципи дії яких базуються на взаємовпливі фізичних процесів різного походження.

Для зручності адаптації САПР до потреб певних використань, для її розвитку доцільно мати у складі САПР інструментальні засоби адаптації та розвитку. Ці засоби представлені тією або іншою CASE-технологією, зокрема мови розширення. У деяких САПР застосовують оригінальні інструментальні середовища.

Прикладами можуть бути об'єктно-орієнтоване інтерактивне середовище CAS CADE в системі EUCLID, яка містить бібліотеку компонентів, у САПР T-Kieх CAD 3/J передбачено розроблення доповнень у середовищах Visual O+/- і Visual Basic.

Важливе значення для забезпечення відкритості САПР, її інтегрованості з іншими автоматизованими системами (далі – АС) мають інтерфейси, що реалізуються в системі форматами міжпрограмних обмінів. Очевидно, що передусім необхідно забезпечити зв'язки між CAE, CAD і CAM-підсистемами.

## 2.6 Програмні мови

*Мови* – формати міжпрограмних обмінів – використовуються IGES, DXF. Express (стандарт ISO 10303-11, входить у сукупність стандартів STEP), SAT (формат ядра ACIS) тощо.

*Найперспективнішими* вважаються діалекти мови Express, що пояснюється загальним значенням стандартів STEP, їхньою спрямованістю на різне застосування, а також на використання в сучасних розподілених проектних і виробничих системах. Дійсно, такі формати, як IGES або DXF описують тільки геометрію об'єктів, тоді як в обмінах між різними САПР і їхніми підсистемами фігурують дані про різноманітні властивості й атрибути виробів [3].

*Мова Express* використовується в багатьох системах інтерфейсу між CAD/CAM-системами. Зокрема, в систему CAD+ STEP включено середовище SDAI (Standard Data Access Interface), в якому можливе подання даних про об'єкти з різних систем CAD і додатків (але описаних за правилами мови Express). CAD++ STEP забезпечує доступ до баз даних більшості відомих САПР із наведенням даних у вигляді STEP-файлів. Інтерфейс програміста дає змогу відкривати й закривати файли проектів у базах даних, проводити читання та запис. Як об'єкти можуть використовуватися точки, криві, поверхні, текст, приклади проектних рішень, розміри, зв'язки, типові зображення, комплекси даних тощо.

## 2.7 Поняття про CALS-технологію

*CALS-технологія* – це технологія комплексної комп'ютеризації сфер промислового виробництва, мета якої – уніфікація та стандартизація специфікацій промислової продукції на всіх етапах її життєвого циклу. Головні специфікації представлені проектною, технологічною, виробничою, маркетинговою, експлуатаційною документацією. У CALS-системах передбачено зберігання, обробка та передача інформації в комп'ютерних середовищах, оперативний доступ до даних у потрібний час і в потрібному місці. Відповідні системи автоматизації назвали ***автоматизованими логістичними системами або CALS (Computer Aided Logistic Systems)***. Оскільки під логістикою зазвичай розуміють дисципліну, присвячену питанням постачання та керування запасами, а функції CALS набагато ширше й обумовлюються з усіма етапами життєвого циклу промислових виробів, застосовують і більш розповсюджену розшифровку аббревіатури *CALS – Continuous Acquisition and LifeCycle Support*.

Застосування CALS дає змогу істотно зменшити обсяг проектних робіт, оскільки описи багатьох складників обладнання, машин і систем, що проектувалися раніше, зберігаються в базах даних мережних серверів, доступних будь-якому користувачеві технології CALS. Істотно полегшується вирішення проблем ремонтоздатності, інтеграції продукції різних систем і середовища, адаптації до змінних умов експлуатації, спеціалізації проектних організацій тощо.

Розвиток CALS-технології повинен призвести до появи так званих віртуальних виробництв, при яких процес створення специфікацій з інформацією для програмно-керованого технологічного обладнання, достатній для виготовлення виробу, може бути розподілений у часі й просторі між багатьма організаційно автономними проектними студіями. Серед безперечних досягнень CALS-технології варто назвати легкість розповсюдження передових проектних рішень, можливість багатократного відтворення частин проекту в нових розробках тощо.

Побудова відкритих розподілених автоматизованих систем для проектування та керування у промисловості становить основу сучасної CALS-технології. Головна проблема їх побудови – забезпечення одноманітного опису й інтерпретації даних, незалежно від місця і часу їх отримання в загальній системі, що має масштаби аж до глобальних. Структура проектної, технологічної та експлуатаційної документації, мови її подання повинні бути стандартизованими. Тоді стає реальною успішна робота над загальним проектом різних колективів, розділених в часі й



просторі та які використовують різні CAE/CAD/CAM-системи. Та сама конструкторська документація може бути використана багато разів у різних проектах, а та сама технологічна документація адаптована до різних виробничих умов, що дає змогу істотно скоротити й здешевіти загальний цикл проектування та виробництва. Крім того, спрощується експлуатація систем.

Отже, інформаційна інтеграція є невід'ємною властивістю CALS-систем. Тому CALS-технологія базується на низці стандартів, що забезпечують таку інтеграцію.

Важливі проблеми, що потребують вирішення під час створення комплексних САПР, – керування складністю проектів та інтеграція програмного забезпечення (далі – ПЗ). Ці проблеми охоплюють питання декомпозиції проектів, розпаралелювання проектних робіт, цілісності даних, міжпрограмних інтерфейсів тощо.

## **2.8 Комплексні автоматизовані системи**

Відомо, що часткова автоматизація зазвичай не дає очікуваного підвищення ефективності функціонування підприємств. Тому переважним є впровадження інтегрованих САПР, що автоматизують всі головні етапи проектування виробів. Подальше підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності продукції можливе шляхом інтеграції систем проектування, керування та документообігу. Така інтеграція лежить в основі створення *комплексних систем автоматизації*, в яких, крім функцій САПР, реалізуються засоби для автоматизації функцій керування проектуванням, документообігу, планування виробництва, обліку тощо.

CALS-технологія базується на низці стандартів і насамперед це стандарти STEP, а також Parts Library, Mandate, SGML (Standard Generalized Markup Language), EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration, Commerce, Transport) тощо. Стандарт SGML визначає способи уніфікованого оформлення документів певного призначення – звітів, каталогів, бюлетенів тощо, а стандарт EDIFACT – способи обміну подібними документами.

Одна з найвідоміших реалізацій CALS-технології розроблена фірмою Computervision. Це технологія названа *EPD (Electronic Product Definition)* і орієнтована на підтримання процесів проектування та експлуатації виробів машинобудування.

У CALS-системах на всіх етапах життєвого циклу виробів використовується документація, отримана на етапі проектування. Тому

природно, що склади підсистем у CALS і комплексних САПР значною мірою співпадають.

Технологію EPD реалізують:

- CAD – система автоматизованого проектування;
- CA.V1 – автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);
- CAE – система моделювання та розрахунків;
- CAPE (Concurrent Art-to-Product Enironoment) – система підтримання паралельного проектування (concurrent engineering);
- PDM – система керування проектними даними, що є спеціалізованою СКБД ( DBMS – Data Base Management System);
- 3D Viewer – система тривимірної візуалізації;
- 3 ADD – система документування;
- CASE – система розроблення та супроводу програмного забезпечення;
- методики обстеження та аналізу функціонування підприємств.

Основу EPD становлять системи CAD і PDM, що використовуються CADD5 і Optegra відповідно. Значною мірою специфіку EPD визначає система Optegra. У ній відображається ієрархічна структура виробів, що включає всі складальні вузли та деталі. В Optegra можна отримати інформацію про атрибути будь-якого елемента структури, а також відповіді на типових для баз даних питання типу «Вкажіть деталі з матеріалу або в яких блоках використовуються деталі заготівника» тощо.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Що таке CAD/CAE/CAM-системи? Як вони розшифровуються?
2. Дайте характеристику рівням CAD/CAE/CAM-систем.
3. Дайте визначення поняттю CALS-технології.

### 3 МЕТА І ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ. СТРУКТУРА ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ

#### 3.1 Складові підсистеми та технічні засоби САПР

В організаційно-технічному плані безліч створюваних САПР розрізняються між собою архітектурою – набором складових підсистем (рис. 3.1) і технічними засобами, що забезпечують автоматизацію процесу проектування (рис. 3.2).

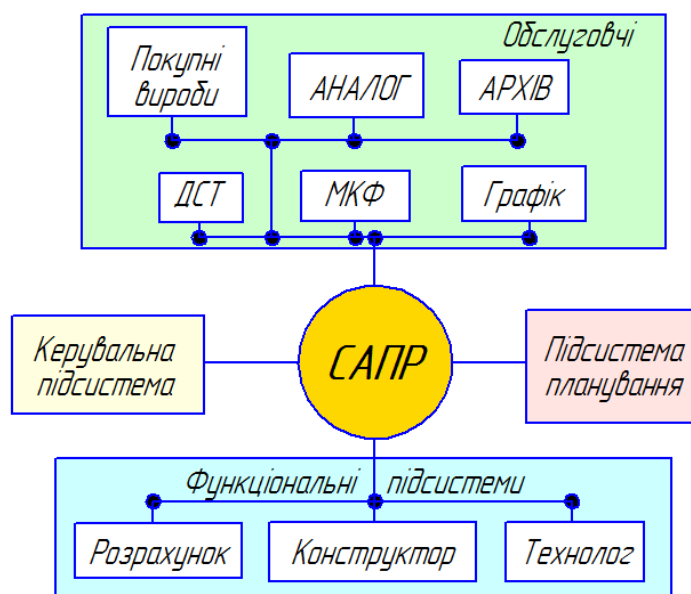


Рисунок 3.1 – Складові підсистеми САПР

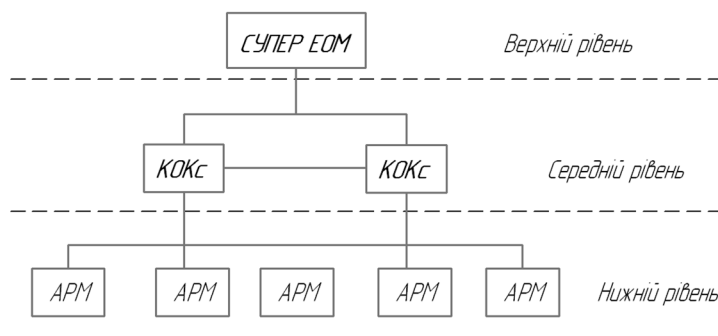


Рисунок 3.2 – Ієрархічна структура технічного забезпечення САПР:  
*верхній рівень* – ЕОМ великої потужності; *середній рівень* – керувальні обчислювальні комплекси (далі – КОКС); *нижній рівень* – автоматизовані робочі місця (далі –АРМ) на базі персональних комп'ютерів

### 3.2 Цілісність і комунікативність САПР

САПР характеризується більш-менш розвиненим інтерфейсом «користувач – ЕОМ». Зазвичай ЕОМ виступає в ролі підказчика, автомата, що виконує з великою швидкістю задану послідовність операцій, ухвалення остаточного рішення залишається за людиною. САПР властиві дві ознаки: цілісність і комунікативність [3].

*Цілісність САПР* визначається інформаційним забезпеченням (рис. 3.3). *Інформаційне забезпечення* – це розподілена система локальних баз даних, що здійснює інформаційну підтримку процесу проектування кожного об'єкта (деталі, вузла, збірки), починаючи з вибору технічного рішення та закінчуючи документуванням (оформлення робочих креслень, записки пояснення, керувальних перфострічок для верстатів із ЧПК).

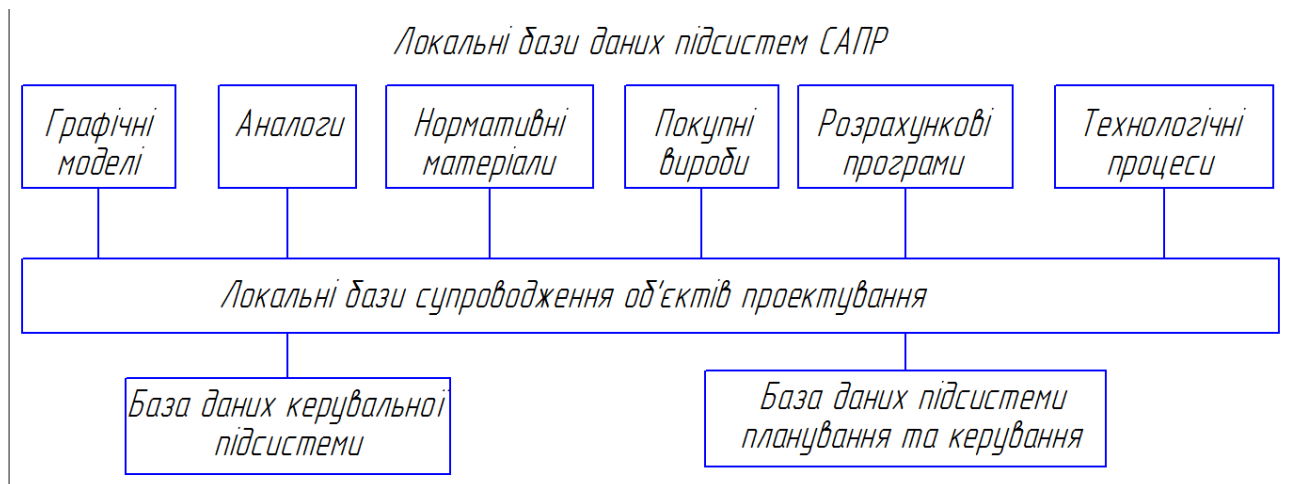


Рисунок 3.3 – Розподільна система локальних баз даних

У сенсі комунікативності САПР розглядають як складник в інтегрованій системі: АСКП – АСНД – САПР – АСТПВ,  
де: АСКП – автоматизована система керування підприємством;  
АСНД – автоматизована система наукових досліджень;  
АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

### 3.3 Головні принципи автоматизованого проектування

Будь-який з елементів САПР (див. рис. 3.1) є, зі свого боку, складною самостійною підсистемою.

Відомі такі *принципи автоматизованого проектування*:

- проектування «від загального до часткового»;
- максимальне використання готових проектних рішень;
- розумна доцільність використання ЕОМ для автоматизації окремих операцій;
- поступове пропорційне нарощування числа автоматизованих процедур, об'єктів інформаційних баз і потужності кількості засобів;
- максимальна автоматизація трудомістких нетворчих операцій.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Назвіть структуру технологічного забезпечення САПР.
2. З чого складається розподільна система локальної бази даних?
3. Які відомі принципи автоматизованого проектування?

## 4 КЛАСИФІКАЦІЯ САПР

САПР характеризують такі ознаки: тип, різновид, складність об'єкта проектування; рівень, комплексність автоматизації проектування; сутність, число проектних документів; число рівнів у структурі технічного забезпечення САПР. Три перші ознаки відображають особливості об'єктів проектування, наступні чотири – можливості систем, восьма ознака – особливості технічної бази САПР. Для отримання навіть загального уявлення про певну САПР її потрібно оцінити за всіма переліченими ознаками. Розглянемо їх докладніше [3].

**Тип об'єкта проектування.** ДСТ передбачає поділ САПР на дев'ять груп: 1) САПР виробів машинобудування; 2) САПР виробів приладобудування; 3) САПР технологічних процесів у машино- і приладобудуванні; 4) САПР об'єктів будівництва; 5) САПР технологічних процесів у будівництві; 6) САПР програмних виробів; 7) САПР організаційних систем. Решта груп (8 і 9) є резервними та призначені для виділення і кодування САПР, що не належать до перелічених угруповань.

**Різновид об'єктів проектування.** ДСТ не встановлює спеціальних позначень на об'єкти проектування, а потребує їх позначення та кодування відповідно до систем позначення документації, що діють у кожній галузі промисловості, на об'єкти, що проектуються системою.

**Складність об'єкта проектування.** Можна виокремити САПР: 1) простих об'єктів із числом складників до  $10^2$ ; 2) об'єктів середньої складності ( $10^2 \dots 10^3$ ); 3) складних об'єктів ( $10^3 \dots 10^4$ ); 4) дуже складних об'єктів ( $10^4 \dots 10^6$ ); 5) об'єктів дуже високої складності (число складників понад  $10^6$ ).

Складником об'єкта проектування, що є технічним комплексом, спорудою або виробом, є деталь. Якщо об'єктом проектування буде технологічний процес, то виокремити його складники важче. Тут два підходи, один з яких базується на розділенні технологічного процесу на елементарні технологічні операції, інший – на розділенні об'єкта на частини умовно відповідно до номенклатури технологічної документації, яка випускається.

**Рівень автоматизації проектування.** Виокремлюють системи проектування: низькоавтоматизованого (до 25 % проектних процедур); середньоавтоматизованого (25...50 %); високоавтоматизованого (понад 50 %). Щоб віднести САПР до третьої групи, у ній необхідно використати методи багатоваріантного оптимального проектування.

**Комплексність автоматизації проектування.** Комплексність автоматизації проектування обумовлює такі модифікації САПР: одноетапна САПР; багатоетапна САПР; комплексна САПР (виконує всі етапи проектування, встановлені для об'єкта, що проектується системою).

У наведеній вище класифікації під *етапом проектування* розуміється умовно виділена частина проектування, унаслідок якої знаходять проектне рішення (сукупність проектних рішень), необхідне й достатнє для розгляду й ухвалення рішення про продовження проектування.

Кількість рівнів у структурі технічного забезпечення визначає такі різновиди САПР: однорівнева САПР – система, що базується на ЕОМ середнього або високого класу зі штатним набором периферійних пристроїв, який у разі необхідності можна доповнити засобами обробки графічної інформації; дворівнева САПР – система, що базується на ЕОМ середнього та високого класу й одного або декількох автоматизованих робочих місць (далі – АРМ), що включають міні-ЕОМ; трирівнева САПР – система, побудована на основі ЕОМ високого класу, одного або декількох АРМ і периферійного програмно-керуючого обладнання (верстати з ЧПК, промислові роботи тощо).

**Особливості проектних документів.** Визначено п'ять класифікаційних груп САПР, що випускають документи: на паперовій стрічці та (або) аркуші; на машинних носіях; на фотоносіях (у вигляді мікрофільмів, мікрофіш, фотошаблонів тощо); комбіновані (виконують документи на двох носіях даних або більше). П'ята група є резервною.

Число проектних документів, що випускаються. Розрізняють САПР малої, середньої та високої продуктивності. При цьому число проектних документів за рік у перерахунку на формат А4 коливається від  $10^3$  до  $10^6$ .

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. За якими ознаками класифікують САПР?
2. Наведіть класифікацію САПР за типом об'єкта проектування.
3. Наведіть класифікацію САПР за складністю об'єкта проектування.
4. Наведіть класифікацію САПР за рівнем автоматизації проектування.
5. Наведіть класифікацію САПР за комплексністю автоматизованого проектування.
6. Наведіть класифікацію САПР за сутністю проектних документів.

## 5 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ САПР

*Проектування* – процес складання опису, необхідного для створення у заданих умовах, об'єкта який не існує, на підставі первинного опису цього об'єкта і (або) алгоритму його функціонування. Проектування охоплює комплекс робіт із вишукування, дослідження, розрахунків і конструювання, що мають на меті отримання опису предмета проектування, необхідного та достатнього для створення нового виробу або реалізації нового процесу, що задовольняє заданим вимогам. Проектування – це складний специфічний різновид творчої діяльності людини, заснований на глибоких наукових знаннях і творчому пошуку, використанні накопиченого досвіду і навичок у певній сфері, не позбавлений, проте, необхідності виконання трудомістких рутинних робіт.

Істотна перевага машинних методів проектування полягає в можливості проводити на ЕОМ експерименти на математичних моделях об'єктів проектування, відмовившись або значно скоротивши дороге фізичне моделювання. Математичні моделі при цьому повинні задовольняти вимогам універсальності, адекватності, точності й економічності [3].

Для створення САПР необхідно:

- вдосконалення проектування на підставі застосування математичних методів і засобів обчислювальної техніки;
- автоматизація процесу пошуку, обробки й видачі інформації;
- використання методів оптимізації та багатоваріантного проектування;
- застосування ефективних математичних моделей проєктованих об'єктів, комплектувальних виробів і матеріалів;
- створення банків даних, що містять систематизовані довідкові відомості, необхідні для автоматизованого проектування об'єктів;
- підвищення якості оформлення проектної документації;
- збільшення творчої частки праці проєктувальників шляхом автоматизації нетворчих робіт;
- уніфікація та стандартизація методів проектування;
- підготовка та перепідготовка фахівців у сфері САПР;
- взаємодія проектних підрозділів з автоматизованими системами різного рівня і призначення.

САПР об'єднує технічні засоби, математичне і програмне забезпечення, параметри та характеристики яких вибирають із максимальним урахуванням особливостей завдань інженерного проектування і конструювання. У САПР забезпечується зручність використання програм шляхом застосування засобів



оперативного зв'язку інженера з ЕОМ, спеціальних проблемно-орієнтованих мов і інформаційно-довідкової бази.

*Головна функція САПР* – виконання автоматизованого проектування на всіх або окремих стадіях проектування об'єктів і їхніх складників.

Під час створення САПР на різних стадіях, а також її підсистем і компонентів необхідно враховувати такі **положення і принципи**.

*Принцип системної єдності САПР* полягає в тому, що для розроблення, функціонування та розвитку САПР зв'язку між підсистемами необхідно забезпечити цілісність всієї системи. Найбільший ефект від САПР досягається за умови комплексної автоматизації проектування на всіх рівнях. Останнє дає змогу виключити багатократний опис інформації про об'єкти проектування, забезпечивши її спадкоємність для різних підсистем.

*Принцип сумісності компонентів САПР* полягає в тому, що мови, символи, коди, інформаційні й технічні характеристики структурних зв'язків між підсистемами, засобами забезпечення САПР повинні забезпечувати сумісне функціонування підсистем. Особливо важливою є інформаційна і програмна узгодженість окремих підсистем. Отже, інформаційна сумісність забезпечує роботу різних підсистем із тією самою базою даних і єдиною вхідною мовою.

*Принцип стандартизації САПР* полягає у проведенні уніфікації, типізації та стандартизації підсистем і компонентів, інваріантних до проєктованих об'єктів, а також у визначенні правил із метою впорядкування діяльності в сфері створення та розвитку САПР. Уніфікація програмного, лінгвістичного, технічного та інших різновидів забезпечення відкриває широку можливість впровадження САПР і її адаптації на різних підприємствах.

*Принцип незалежності окремих підсистем (програм) САПР* визначає можливість для підсистем (програм) введення в дію та функціонування їх незалежно від інших підсистем. Цей принцип називається також модульним принципом побудови САПР.

*Принцип відвертості САПР* визначає можливість внесення змін у систему під час її розроблення і експлуатації. Розроблення такого складного об'єкта, як САПР, займає тривалий час, тому економічно вигідно вводити в експлуатацію частини системи за станом їхньої готовності. Уведений в експлуатацію базовий варіант системи надалі розширюється. Крім того, постійний прогрес обчислювальної техніки й обчислювальної математики призводить до появи нових, досконаліших математичних моделей і програм, які повинні замінювати старі, менш вдалі аналоги. Тому САПР повинна бути

відкритою системою, тобто володіти властивістю зручності включення нових методів і засобів.

*Принцип узгодженості автоматизованого (традиційного) проектування та САПР* необхідно враховувати при впровадженні САПР на підприємстві, що вже діє, зі складеною структурою, взаєминами, формами й способами використання проектної документації. Впровадження САПР не повинне порушувати на тривалий час нормального функціонування підприємства.

*Принцип ієрархічності* реалізує комплексний підхід до автоматизації всіх рівнів проектування. Варто особливо підкреслити доцільність забезпечення комплексності САПР, оскільки автоматизація проектування на одному з рівнів з умови збереження старих форм проектування на сусідніх рівнях виявляється значно менш ефективною, ніж повна автоматизація всіх рівнів. Ієрархічна побудова належить не тільки до спеціального програмного забезпечення, але і до технічних засобів САПР, що розділяються на центральний обчислювальний комплекс і автоматизовані робочі місця проектувальників.

*Принцип розвитку* забезпечує поповнення, вдосконалення й оновлення складових частин САПР, а також взаємодію та розширення взаємозв'язку з автоматизованими системами різного рівня і функціонального призначення.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які умови необхідно виконати для створення САПР?
2. Визначте головну функцію САПР.
3. Перелічте і схарактеризуйте принципи побудови САПР.

## 6 СКЛАД І СТРУКТУРА САПР

Складовими структурними частинами САПР, жорстко пов'язаними з організаційною структурою проектної організації, є підсистеми, в яких за допомогою спеціалізованих комплексів засобів вирішується функціонально закінчена послідовність завдань САПР [3].

За призначенням підсистеми розподіляють на два різновиди: *проектувальні та обслуговчі*.

*До проектувальних* належать підсистеми, що виконують проектні процедури й операції, наприклад підсистема оптимізації характеристик виробу; підсистема проектування вузлів деталей і складальних одиниць; підсистема технологічного проектування; підсистема проектування пристроїв. Приклади проектувальних підсистем: ескізне проектування виробів, проектування корпусних деталей, проектування технологічних процесів механічної обробки.

*Обслуговчими* називають підсистеми, що мають загальносистемне застосування та функціонування проектувальних підсистем, що забезпечують підтримання, а також оформлення, передачу та виведення отриманих у них результатів, наприклад підсистема графічного відображення об'єктів проектування; підсистема документування; підсистема обслуговування бази даних.

Стосовно об'єкта проектування розрізняють два різновиди проектувальних підсистем: об'єктно-орієнтовані (об'єктні); незалежні (інваріантні).

*До об'єктних* належать підсистеми, що виконують одну або декілька проектних процедур або операцій, безпосередньо залежних від певного об'єкта проектування. *Інваріантними* називають підсистеми, що виконують уніфіковані проектні процедури й операції.

У наведених вище визначеннях використані поняття «проектна процедура» і «операція», з яких формуються різні підсистеми і САПР загалом.

*Проектна процедура* – це формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектним рішенням.

*Проектною операцією* називають дію або формалізовану сукупність дій, складників проектної процедури, алгоритм яких залишається незмінним для низки проектних процедур.

*Уніфікована проектна процедура* – процедура, алгоритм якої залишається незмінним для різних об'єктів проектування або різних стадій проектування того самого об'єкта.

Системна єдність САПР забезпечується наявністю комплексу взаємопов'язаних моделей, що визначають об'єкт проектування загалом, а також комплексом системних інтерфейсів, що здійснюють вказаний взаємозв'язок. Системна єдність усередині проектувальних підсистем забезпечується наявністю єдиної інформаційної моделі тієї частини об'єкта, проектне рішення по якій необхідно отримати в цій підсистемі.

Формування та використання моделей об'єкта проектування у прикладних завданнях за допомогою здійснюється комплексів (далі – КСАП) системи (або підсистеми) (рис. 6.1).

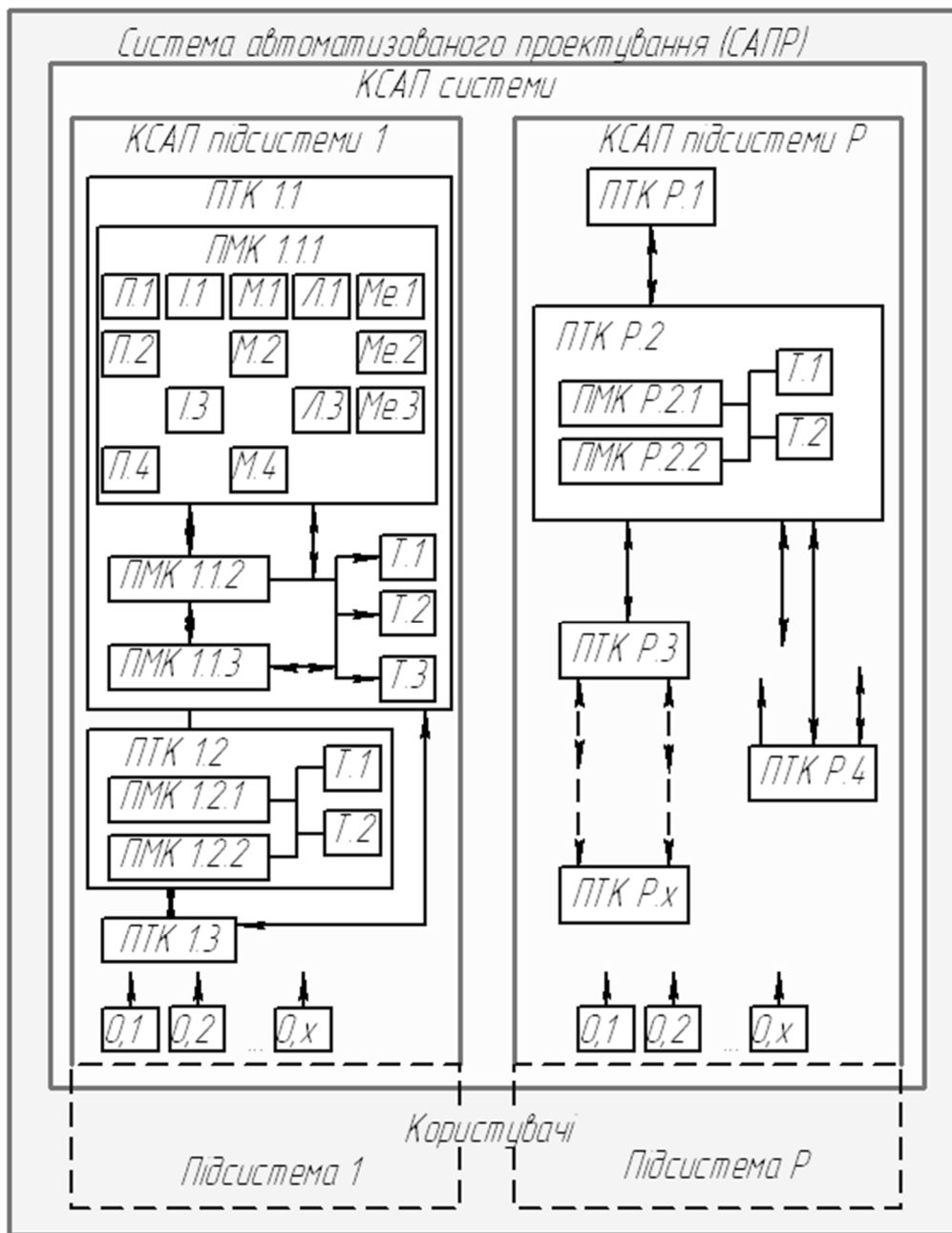


Рисунок 6.1 – Структурна схема САПР

Структурними частинами КСАП системи є різні комплекси засобів, а також компоненти організаційного забезпечення. *Комплекс засобів* – це сукупність компонентів і/або комплексів засобів, призначених для тиражування та орієнтованих на проектування об'єктів певного класу (вигляду, типу) і/або виконання уніфікованих процедур, використовуваних у відповідних проектувальних і/або обслуговувачих підсистемах САПР.

**Різновиди комплексів засобів і компонентів САПР** (рис. 6.2). Комплекси засобів підрозділяють на комплекси засобів одного різновиду забезпечення (технічного, програмного, інформаційного тощо) і комбіновані.

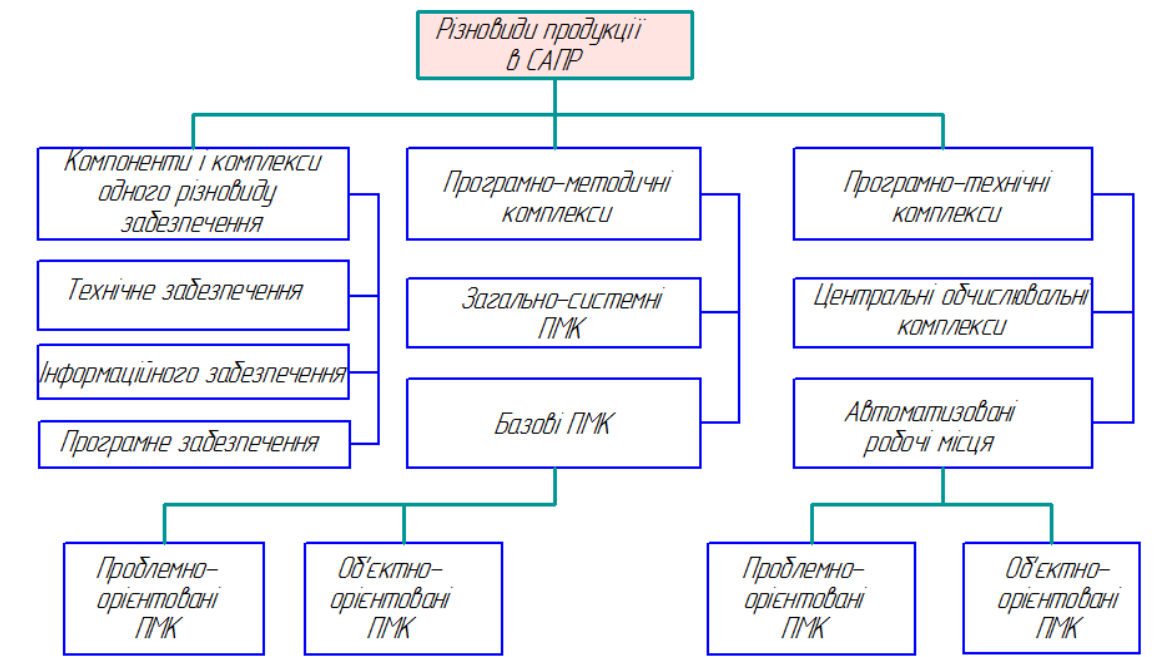


Рисунок 6.2 – Різновиди комплексів і компонентів САПР

Комплекси засобів одного різновиду забезпечення містять комплекси і/або компоненти одного різновиду забезпечення; комплекси засобів комбіновані – сукупність комплексів і компонентів різних видів забезпечення. Комбіновані КСАП, що належать до продукції виробничо-технічного призначення, підрозділяються на програмно-методичні (далі – ПМК) та програмно-технічні (далі – ПТК).

*Програмно-методичний комплекс* є взаємопов'язаною сукупністю компонентів програмного, інформаційного і методичного забезпечення (зокрема компоненти математичного та лінгвістичного забезпечення), необхідною для отримання закінченого проектного рішення по об'єкту проектування (одній або декільком його частинам або об'єкту загалом) або виконання уніфікованих процедур.

Залежно від призначення ПМК підрозділяють на загальносистемні, базові, зокрема проблемно-орієнтовані й об'єктно-орієнтовані.

*Програмно-технічний комплекс* є взаємопов'язаною сукупністю ПМК із комплексами і (або) компонентами технічного забезпечення.

Залежно від призначення ПТК розрізняють АРМ; центральні обчислювальні комплекси (далі – ЦБК).

Комплекси засобів можуть об'єднувати свої обчислювальні й інформаційні ресурси, утворюючи локальні обчислювальні мережі підсистем або систем загалом.

Структурними частинами комплексів засобів є компоненти таких різновидів забезпечення: програмного, інформаційного, методичного, математичного, лінгвістичного і технічного.

Компоненти різновидів забезпечення виконують задану функцію та є найменшим (неподільним) самостійно розроблюваним елементом САПР (наприклад програма, інструкція, дисплей тощо). Ефективне функціонування КСАП і взаємодію структурних частин САПР всіх рівнів досягається за допомогою орієнтації на стандартні інтерфейси і протоколи зв'язків, що забезпечують взаємодію комплексів засобів.

Ефективне функціонування КСАП досягається шляхом взаємоузгодженого розроблення компонентів, які входять до складу комплексів засобів.

КСАП обслуговчих підсистем, а також окремі ПТК цих підсистем можуть використовуватися за умови функціонування всіх підсистем.

*Загальносистемні ПМК* включають програмне, інформаційне, методичне та інші різновиди забезпечення. Вони призначені для виконання уніфікованих процедур з керування, контролю, планування обчислювального процесу, розподілу ресурсів САПР і реалізації інших функцій, що є загальними для підсистем або САПР загалом.

Приклади загальносистемних ПМК: моніторні системи, системи керування БД, інформаційно-пошукові системи засобів машинної графіки, підсистема забезпечення діалогового режиму тощо.

*Моніторні системи керування функціонуванням технічних засобів у САПР.* Головними функціями моніторних систем такі: формування завдань із контролем пакету завдань, необхідних і наявних ресурсів, права доступу до бази даних зі встановленням пріоритету та номера черги; обробка директив мов керування завданнями, а також реакція на переривання з перехопленням управління, аналізом причин і їх інтерпретацією в термінах, зрозумілих проектувальнику; обслуговування потоків завдань з організацією діалогового й інтерактивно-графічного супроводу в умовах паралельної роботи підсистем; керування проектуванням в автоматичних режимах з аналізом якості виконання проектних операцій, перевіркою критеріїв повторення

етапу або продовження маршруту, вибором альтернативних варіантів маршруту; ведення та оптимізація статистики експлуатації системи; розподіл ресурсів САПР з урахуванням пріоритетів завдань, завдань і підсистем, планових завдань і поточних вказівок і запитів; захист ресурсів і даних від несанкціонованого доступу та непередбачених дій.

*Інформаційно-пошукові системи (далі – ІПС)* у САПР виконують функції: заповнення інформаційного фонду (інфотеки) відомостями; арифметичну обробку цифрових даних і лексичну обробку текстів; обробку інформаційних запитів із метою пошуку необхідних відомостей; обробку вихідних даних і формування вихідних документів. Особливості ІПС полягають у тому, що запити до них формуються не програмним шляхом, а безпосередньо користувачами, і не на формальній мові, зрозумілій монітору, а на природній мові у вигляді послідовності ключових слів – дескрипторів. Перелік дескрипторів, що містяться у всіх прийнятих на зберігання описах, складає словник дескрипторів, або тезаурус, призначений для формування пошукових розпоряджень.

Відомі ще складніші ІПС порівняно з дескрипторними. Важливу роль у них грає інформаційно-пошукова мова, в якій враховуються семантичні взаємини між інформаційними об'єктами. Це дає змогу зменшити кількість неправильно розпізнаваних мовних конструкцій, а обробку запитів проводити на основі різних критеріїв смислової відповідності.

*Банки даних (далі – БнД)* є найвищою формою організації інформації у великих САПР. Вони є проблемно-орієнтованими інформаційно-довідковими системами, що забезпечують уведення необхідної інформації, незалежні від конкретних завдань ведення та збереження інформаційних масивів і видачі необхідної інформації за запитом користувачів або програм. У банках даних використовується інформація фактографічного вигляду.

*Система керування базами даних (далі – СКБД)* – програмно-методичний комплекс для забезпечення роботи з інформаційною базою, організованою у вигляді структури даних.

СКБД виконує такі головні функції: визначення баз даних, тобто опис концептуального, зовнішнього і внутрішнього рівнів схем; запис даних у базу; організація зберігання, зі зміною, доповненням, реорганізацією даних; надання доступу до даних (пошук і їх видача).

Для визначення даних і доступу до них у СКБД є мовні засоби. Визначення даних, що полягає в описі їхніх структур, забезпечується за допомогою мови визначення даних. Функції доступу до даних реалізуються за допомогою мови маніпулювання даними та мови запитів. За типом

підтримуваних структур розрізняють такі різновиди СКБД: ієрархічні, мережні, реляційні.

*Програмно-методичні комплекси машинної графіки* забезпечують взаємодію користувача з ЕОМ для обміну графічною інформацією, вирішення геометричних завдань, формування зображень і автоматичного виготовлення графічної інформації. Графічна взаємодія користувача з ЕОМ (так званий графічний метод доступу) базується на підпрограмах введення-виведення, які забезпечують прийом і обробку команд від пристрою введення-виведення і видачу керувальних дій на ці пристрої. Виконання геометричних завдань (геометричне моделювання) зводиться до перетворення графічної інформації, яке є виконанням у тій або іншій послідовності елементарних графічних операцій типу зрушення, поворот, масштабування тощо. Для геометричного моделювання використовується ПМК, в якому окрім окремих елементарних графічних операцій, можуть бути реалізовані графічні перетворення тривимірних зображень, процедури побудови проєкцій, перетинів тощо. У ПМК графічних перетворень зазвичай передбачаються засоби для формування деяких часто використовуваних зображень, керування графічною базою даних, налагодження графічних підпрограм.

Діалоговий режим забезпечується за допомогою програмно-методичних комплексів, які здійснюють уведення, контроль, редагування, перетворення та виведення графічної і/або символічної інформації. Діалогове віддалене введення завдань забезпечує введення і редагування завдань через канали зв'язку, виконання завдань у пакетному режимі й виведення результатів через лінії зв'язку на віддалені термінали. У САПР можуть використовуватися як діалогові ПМК загального призначення, так і спеціалізовані. ПМК загального призначення доцільно застосовувати на початкових стадіях створення й експлуатації САПР для відробітку та перевірки методології проєктування, технології обробки даних і прикладних програм. Надалі можлива модифікація ПМК з урахуванням специфічних вимог з організації діалогу в САПР. При цьому необхідно враховувати наявність діалогового або пакетного режиму обробки запитів; орієнтацію системи на користувача-непрограміста; можливість розширення системи шляхом включення діалогових прикладних програм на мовах високого рівня; можливість керування діалогом за допомогою «меню» і директив, бажаність спілкування на рідній мові тощо.

*Базові ПМК* підрозділяють на проблемно-орієнтовані ПМК й об'єктно-орієнтовані ПМК.



*Проблемно-орієнтовані ПМК* можуть включати: програмні засоби, призначені для автоматизованого впорядкування початкових даних, вимог і обмежень до об'єкта проектування загалом або до складальних одиниць; вибір фізичного принципу дії об'єкта проектування; вибір технічних рішень і структури об'єкта проектування; оцінку показників якості (технологічності) конструкцій, проектування маршруту обробки деталей.

*Об'єктно-орієнтовані ПМК* відображують особливості об'єктів проектування як сукупність наочної сфери. До таких ПМК, наприклад, належать ПМК, що підтримують автоматизоване проектування складальних одиниць; проектування деталей на підставі стандартних або запозичених рішень; деталей на підставі синтезу їх з елементів форми; технологічних процесів за різними видами обробки деталей тощо.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Назвіть структурну схему САПР.
2. Які різновиди комплексів і компонентів Ви знаєте?
3. Схарактеризуйте структурні частини комплексів САПР.

## 7 РІЗНОВИДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САПР

Комплекс засобів автоматизації проектування сучасних САПР включає сім різновидів забезпечення [2, 3]: технічне, математичне, програмне, інформаційне, лінгвістичне, методичне, організаційне (рис. 7.1).

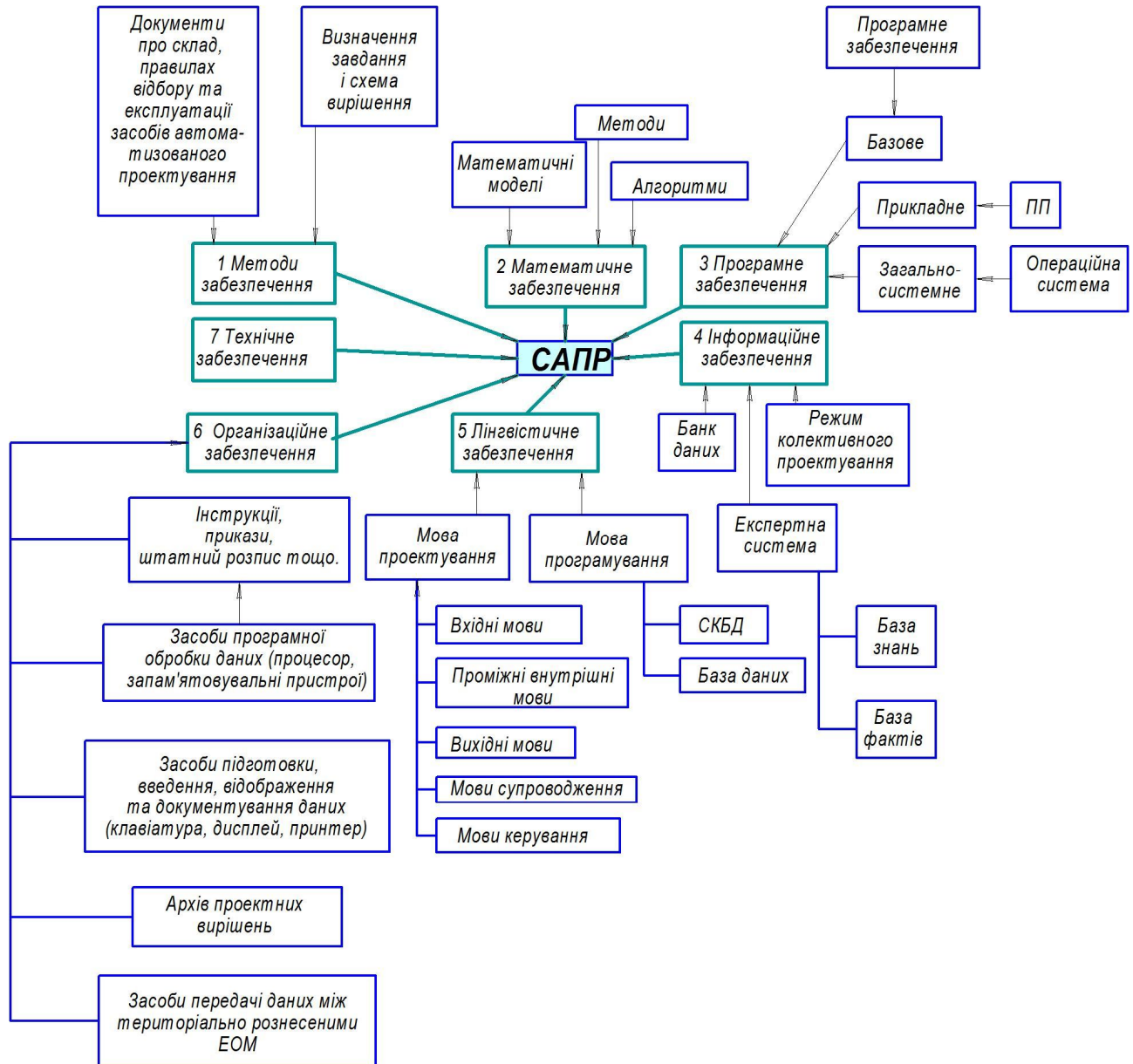


Рисунок 7.1 – Структура взаємозв'язку засобів забезпечення САПР

**Технічне забезпечення** – сукупність взаємопов'язаних і взаємодієвих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проектування. До цього різновиду забезпечення належать різні технічні засоби: ЕОМ, периферійне обладнання і пристрої їхнього зв'язку.

**Математичне забезпечення** – сукупність математичних методів, математичних моделей і алгоритмів проектування, необхідних для виконання автоматизованого проектування. До математичного забезпечення належать математичні моделі певних об'єктів (технологічних процесів, інструментів, пристроїв тощо), методи їх проектування, а також методи й алгоритми виконання різних інваріантних проектних операцій і процедур, обумовлених оптимізацією, пошуком інформації, автоматизованою графікою тощо.

**Програмне забезпечення** – сукупність машинних програм, необхідних для виконання автоматизованого проектування і поданих у заданій формі. Це забезпечення охоплює комплекси програм спеціального та загального призначення.

**Спеціальне програмне забезпечення** подається у вигляді текстів прикладних програм, орієнтованих на виконання спеціальних завдань (виконання завдань динаміки, міцності; проектування маршрутних і операційних технологічних процесів, технічне нормування; проектування стандартних деталей і оснащення тощо).

**Загальне програмне забезпечення** призначене для керування обчислювальним процесом у САПР і підготовки програм із ПП до виконання на ЕОМ. Ці функції зазвичай виконують програми, що входять до складу операційних систем ЕОМ.

**Інформаційне забезпечення** – сукупність відомостей, необхідних для виконання автоматизованого проектування та поданих у заданій формі. Основну частину інформаційного забезпечення становить база даних – інформаційні масиви, використовувані більш ніж в одній програмі проектування. У процесі функціонування САПР база даних поповнюється, коректується і, крім того, проводиться її захист від неправильних змін. Усі ці функції виконує система керування базою даних (далі – СКБД). База даних спільно з СКБД утворює банк даних.

**Лінгвістичне забезпечення** – сукупність мов проектування, яка включає, крім того, терміни та визначення, правила формалізації природної мови, методи стиснення та розгортання текстів, необхідних для автоматизованого проектування і поданих у заданій формі. У цей різновид забезпечення входять загальновідомі алгоритмічні мови (ПАСКАЛЬ, БЕЙСІК, СІ, С++ тощо), використовувані для запису програм під час створення САПР, і вхідні мови, які слугують для опису об'єктів проектування і завдань на виконання проектних процедур.

**Методичне забезпечення** – сукупність документів, що визначає склад, правила відбору й експлуатації засобів забезпечення автоматизованого проектування, необхідних для виконання проектних завдань.

**Організаційне забезпечення** – сукупність документів, що визначає склад проектної організації та її підрозділів, зв'язки між ними, їхні функції, а також форму представлення результату проектування і порядок розгляду проектних документів.

## **7.1 Математичне забезпечення САПР**

Математичне забезпечення (далі – МЗ) САПР складається із сукупності математичних моделей об'єктів проектування, методів і алгоритмів виконання проектних операцій і процедур. Основу математичного забезпечення САПР становить математичний апарат для моделювання, синтезу структури, одноваріантного і багатоваріантного аналізу, структурної та параметричної оптимізації. Елементи математичного забезпечення в САПР дуже різноманітні. Розроблення математичного забезпечення є найскладнішим етапом створення САПР, від якого найбільшою мірою залежать продуктивність і ефективність функціонування САПР загалом. Математичне забезпечення складається з двох частин: спеціальне МЗ та інваріантне МЗ.

*Спеціальне МЗ* відображає специфіку об'єкта проектування, фізичні та інформаційні особливості його функціонування і тісно пов'язане з певним завданням проектування. Ця частина математичного забезпечення охоплює математичні моделі, методи й алгоритми їх отримання, алгоритми одноваріантного аналізу, а також велику частину використовуваних алгоритмів синтезу.

*Інваріантне МЗ* включає методи й алгоритми, що формують усю логіку технології проектування, зокрема логіку взаємодії проектувальників один з одним на підставі використання засобів автоматизації. Це – методи й алгоритми багатоваріантного аналізу та параметричної оптимізації.

Математичне забезпечення САПР повинне описувати у взаємозв'язку об'єкт, процес і засоби автоматизації проектування.

У процесі створення математичного забезпечення САПР необхідно враховувати такі показники: універсальність, алгоритмічна надійність, точність, витрати машинного часу, об'єм використовуваної пам'яті.

*Універсальність МЗ* визначає його застосовність до широкого класу проєктованих об'єктів. Особливо це важливо для створення комплексних САПР, що включають різні види завдань: від конструювання виробу і проектування технологічних процесів до вибору різального інструмента і проектування конструкцій спеціального оснащення на підставі аналізу

типових технологічних рішень. При цьому може використовуватися єдина група стандартних програм.

Універсальність МЗ спрощує методику автоматизованого проектування. Водночас варто зазначити, що універсальність не має кількісної оцінки. Реалізуючи ту або іншу модель і метод, розробник МЗ повинен вказати чіткі межі їх застосовності.

*Алгоритмічна надійність* – властивість компоненту МЗ давати під час його застосування та заздалегідь певних обмеженнях правильні результати. Кількісною оцінкою алгоритмічної надійності є вірогідність отримання правильних результатів за умови дотримання обумовлених обмежень на застосування методу. Якщо ця вірогідність дорівнює одиниці або близька до неї, то метод вважається алгоритмічно надійним.

З алгоритмічною надійністю тісно пов'язана проблема обумовленості математичних моделей і завдань. Про погану обумовленість говорять у випадках, коли малі похибки початкових даних призводять до великих похибок результатів. Унаслідок цього не тільки зменшується точність результатів проектування, але і збільшуються витрати машинного часу. Для аналізу й оптимізації об'єктів із погано обумовленими моделями потрібно застосовувати спеціальні методи з підвищеною алгоритмічною надійністю.

*Точність* є найважливішою властивістю всіх компонентів МЗ, визначає ступінь збігу розрахункових і дійсних результатів. Алгоритмічно надійні методи можуть давати різну точність. І тільки у випадках, коли точність виявляється гіршою гранично допустимих значень або рішення взагалі неможливо отримати, говорять не про точність, а про алгоритмічну надійність.

Зазвичай вирішення проектних завдань характеризується сумісним використанням багатьох компонентів МЗ, що ускладнює оцінку впливу похибки окремих компонентів. За необхідності оцінки їхньої точності проводять обчислювальні експерименти з використанням тестових завдань.

Витрати машинного часу здебільшого визначаються складністю проєктованих об'єктів і розмірністю вирішуваних завдань. Машинний час обчислювального процесу є головним обмежувальним чинником при спробах підвищити складність проєктованих на ЕОМ об'єктів.

Одним зі шляхів скорочення термінів проектування є застосування в САПР багатопроцесорних обчислювальних систем, що забезпечують розпаралелювання процесу обчислення. У зв'язку з цим найважливішим показником економічності МЗ є його пристосованість до розпаралелювання процесу проектування.

Використовувана *пам'ять* є другим після витрат машинного часу показником економічності МЗ. Витрати пам'яті визначаються довжиною програми й обсягом використовуваних масивів даних. Не зважаючи на значне збільшення ємкості оперативної пам'яті в сучасних ЕОМ, вимоги до зниження витрат пам'яті залишаються актуальними. Це обумовлюється з тим, що в мультипрограмному режимі функціонування ЕОМ завдання із запитом більшого обсягу пам'яті отримує нижчий пріоритет, у наслідок час її перебування в системі збільшується і продуктивність процесу проектування знижується.

Для економії витрат оперативної пам'яті використовують зовнішню пам'ять (накопичувачі на магнітних дисках, стрічках, дискетах). Проте часті звернення до зовнішньої пам'яті призводять до збільшення витрат машинного часу, тому для розроблення методів проектування, алгоритмів і програм доведеться вирішувати питання раціонального використання двох різновидів пам'яті ЕОМ – внутрішньої (оперативної) і зовнішньої.

## **7.2 Програмне забезпечення САПР**

*Програмою* називають закінчену сукупність команд, необхідних для виконання певного завдання. *Програмування* – це процес складання такої програми.

*Програмне забезпечення (далі – ПЗ)* – сукупність машинних програм і супутніх документів, необхідних для виконання автоматизованого проектування, тобто ПЗ складається з документів із текстами програм, програм на всіх різновидах машинних носіїв, а також з експлуатаційних документів (інструкцій із застосування тощо). Програмне забезпечення – це головний і за значущістю, і за трудомісткістю об'єкт розроблення для створення САПР.

Програмне забезпечення САПР підрозділяють на загальносистемне й спеціалізоване (прикладне). На відміну від технічних засобів, які є універсальним інструментом, програмне забезпечення і насамперед його спеціалізована частина відображають специфіку різних САПР.

*Загальносистемне ПЗ* призначене для планування та організації процесу обробки інформації, введення-виведення, керування даними, розподілу ресурсів, підготовки й налагодження і представлено операційними системами ЕОМ та обчислювальних комплексів (далі – ОК). Загальносистемне ПЗ зазвичай створюється для широкого застосування і специфіку САПР не відображає.

Структурна схема операційної системи (далі – ОС) включає два компоненти: керувальні програми; оброблювальні програми (рис. 7.2).

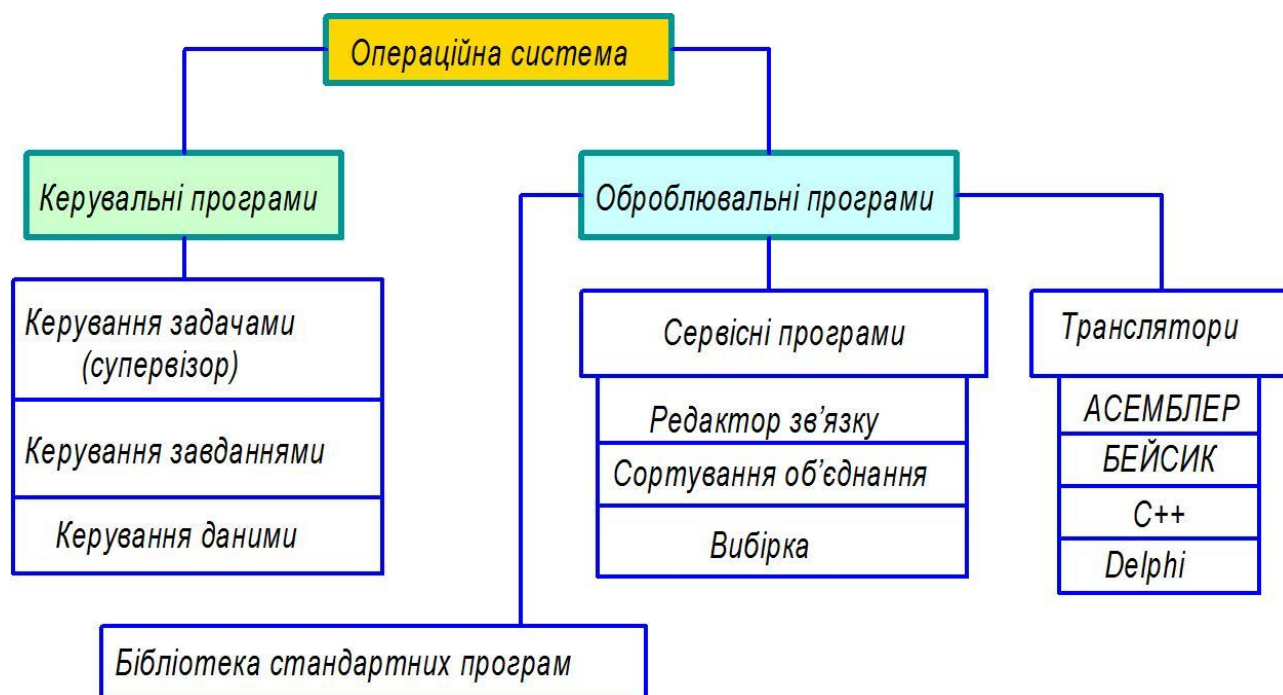


Рисунок 7.2 – Загальна структура ОС

Керувальна програма, призначена для керування оброблювальними програмами. Функції керування розділяють на три групи: керування даними, керування задачами, керування завданнями.

До функцій керування даними належать ефективне планування і керування обміном даними між основною (оперативною) пам'яттю та зовнішніми пристроями; представлення користувачеві гнучких способів організації та доступу до даних.

До функцій керування задачами належить обробка безперервного потоку завдань майже без втручання оператора; прочитування завдання з потоку, організація черги завдань, розподіл пристроїв введення-виведення, передача керування супервізору тощо.

Керування завданнями здійснюється головною керувальною програмою-супервізором, її називають також монітором, диспетчером або резидентною програмою. Супервізор під час виконання програм користувача розташований в оперативній пам'яті й виконує такі функції: обробку переривань, задоволення запитів до основної пам'яті, передачу керування модулями завдання, завершення завдання тощо. Супервізор реалізує в ЕОМ мультипрограмний режим розділення часу.

До *оброблювальних програм* належать сервісні програми, транслятори з основних мов програмування та бібліотека стандартних програм для виконання типових завдань.

*Сервісні програми* призначені виконувати функції, що зазвичай зустрічаються у процесі обробки даних, наприклад редагування, зв'язування та інші маніпуляції з програмами і даними. До сервісних програм належать редактор зв'язку, програми сортування-об'єднання і набір допоміжних програм із відладки і перезапису.

*Транслятори* з мов програмування, що входять до складу ОС, використовують для трансляції прикладної програми користувача, званої початковим модулем, у програму на машинній мові, названу об'єктним модулем.

*Об'єктні модулі* проходять ще один етап – етап редагування, на якому вони обробляються програмою – редактор зв'язку. Користувач на цьому етапі може збирати свою програму з окремих частин (модулів), написаних у різний час і, можливо, на різних алгоритмічних мовах. Після редагування виходить завантажувальний модуль, в якому використовують відносні адреси. Для того щоб програма могла бути безпосередньо виконана на ЕОМ, потрібно відносні адреси замінити на абсолютні. Така заміна адрес і подальше завантаження в певне місце оперативної пам'яті здійснюється за допомогою програми вибірки. Після цієї процедури побудований модуль називається *абсолютним*.

Отже, програма користувача перед виконанням проходить шлях від початкового модуля до абсолютного (рис. 7.3).

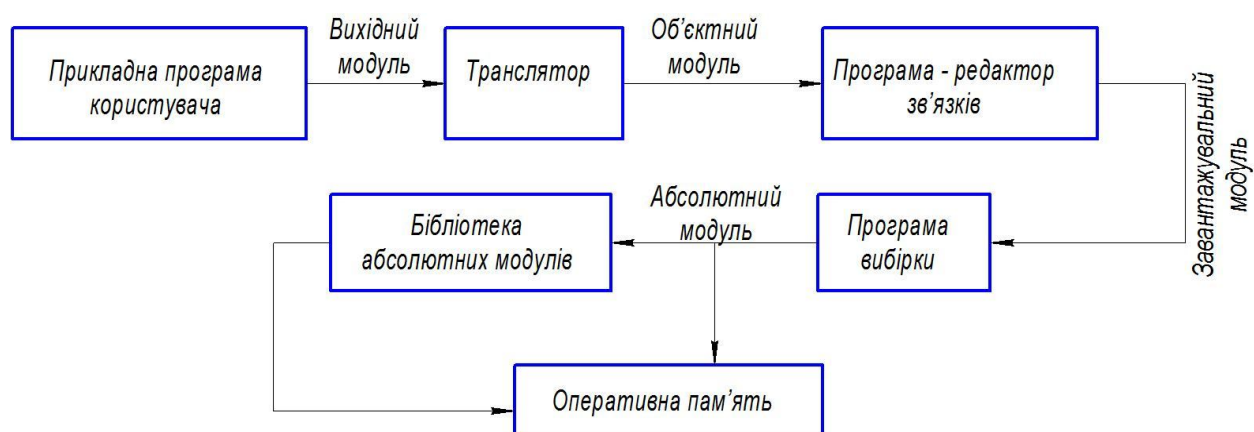


Рисунок 7.3 – Система перетворення прикладних програм в абсолютні модулі в ОС



З розвитком ЕОМ збільшується значущість найважливішого компоненту загальносистемного програмного забезпечення – операційних систем ЕОМ. Можливості, що надаються користувачам сучасними технічними засобами САПР, усе більшою мірою визначаються їхніми операційними системами, ніж апаратними пристроями.

Операційні системи керують процесом виконання робочих програм і використанням усіх ресурсів технічних засобів. Їхні найважливіші функції в САПР обумовлюються з організацією роботи користувачів у різних режимах, одночасного вирішення різних завдань, динамічного розподілу каналів передачі даних і зовнішніх терміналів між завданнями, динамічного розподілу пам'яті, планування послідовності вирішення завдань з урахуванням встановлених пріоритетів, контролю та діагностики роботи технічних засобів.

Операційні системи безперервно удосконалюють. Для нових поколінь ЕОМ створюють нові операційні системи все з ширшими функціональними можливостями та з природнішим діалогом користувачів і ЕОМ. До того ж операційні системи, зазвичай, призначені для сімейства однотипних ЕОМ, їх можна генерувати (підбирати склад і структуру програм) стосовно певної архітектури технічних засобів САПР і кола вирішуваних завдань.

Іншим важливим компонентом загальносистемного програмного забезпечення САПР є **базове програмне забезпечення**. До його складу входять: базове програмне забезпечення обробки геометричної та графічної інформації; базове програмне забезпечення для формування і використання баз даних.

У спеціальному (прикладному) ПЗ реалізується математичне забезпечення для безпосереднього виконання проектних операцій і процедур. Прикладне ПЗ зазвичай має форму пакетів прикладних програм (далі – ППП), кожна з яких обслуговує певний етап процесу проектування або групу однотипних завдань усередині різних етапів.

Тому функції ППП певної підсистеми тісно пов'язані з переліком завдань, що реалізуються на відповідному рівні проектування.

Зазвичай ППП складається з окремих непересічних підпрограм – модулів, кожен з яких здатний виконати одну з робочих (проектних) або обслуговчих (допоміжних) функцій. Модулі можуть з'єднуватися один з одним за завданням користувача, утворюючи необхідні програми. Процедuru складання прикладної програми з наявних у модулів ППП проводить спеціальна керувальна програма – монітор.

У спеціальне ПЗ разом із ППП, що розробляється людиною, у процесі створення САПР входять і робочі програми, які складаються автоматично в

ЕОМ для кожного нового об'єкта та маршруту його проектування. Робочі програми складаються з бібліотечних модулів, що генеруються. Бібліотечні модулі реалізують математичні моделі елементів, типові методи й алгоритми, які вживають у процесі виконання завдань проектування багатьох об'єктів. Модулі, що генеруються, реалізують математичну модель системи та є результатом трансляції з вхідної мови.

Отримання робочих програм можливе методом компіляції або методом інтерпретації.

*Методом компіляції* кожна арифметична операція обчислювального процесу в робочій програмі перетвориться в низку окремих команд. У разі компіляції етапи трансляції та рахунку чітко розділені й отримана робоча програма лінійна, тобто складається з команд, що переробляють інформацію без яких-небудь службових команд типу передач керування, організації циклів тощо. Скомпільовані програми економічні за витратами машинного часу (не мають ніяких додаткових службових команд), але потребують значних витрат машинної пам'яті (кожній операції відповідає низка команд, що займають декілька елементів пам'яті).

*Метод інтерпретації* передбачає те, що робоча програма не створюється в остаточному вигляді до початку етапу рахунку: вона генеруватиметься по частинах у разі переходу від виконання попередньої директиви вхідної мови до подальшої. При цьому витрати машинного часу зростають (в ітераційному обчислювальному процесі доводиться багато разів повторювати виконання одних тих самих допоміжних команд, що генерують частини робочої програми), але скорочуються витрати машинної пам'яті (не потрібно зберігати всю скомпільовану робочу програму).

На практиці зазвичай використовують елементи обох методів генерації робочих програм. Чим вище частота використання програм (це властиво програмам найнижчих рівнів), тим обґрунтованішим буде застосування методу компіляції. Метод інтерпретації переважає у процесі генерування програм вищих рівнів, він є найважливішим під час реалізації діалогового режиму САПР.

### 7.3 Інформаційне забезпечення САПР

Під поняттям *інформації* мають на увазі деякі відомості або сукупність будь-яких даних, які є об'єктом зберігання, передачі й перетворення. Стосовно САПР під *даними* розуміють інформацію, подану у формалізованому вигляді, тобто у вигляді послідовності символів, букв, цифр, графіків, таблиць, креслень, текстів тощо.

Із загального бюджету часу, що витрачається сучасною ЕОМ у процесі виконання різних проектних завдань, 10 % становлять обчислення, а решта 90 % відводяться на переробку інформації. До переробки інформації належать: запам'ятовування, пошук необхідної інформації в інформаційних масивах, передача інформації від одного масиву до іншого, моделювання процесів тощо. Варто зазначити, що процес обчислення може також розглядатися як окремий випадок переробки інформації.

**Інформаційне забезпечення (далі – ІЗ) САПР** – це сукупність відомостей (даних), поданих у певному вигляді й використовуваних під час виконання автоматизованого проектування. Проектування реалізується комплексом завдань, обумовлених переробкою численних масивів інформації різного виду. Тому інформаційне забезпечення є одним із найважливіших складників САПР, а витрати на його розроблення становлять більше половини вартості системи загалом.

Інформацію, використовувану в САПР, умовно можна розділити на результатну й похідну. *Результатною* називається інформація, яка існує до початку машинного проектування. Вона підрозділяється на змінну й умовно-постійну.

До *змінної* належить така інформація: для проектування деталі – навантаження на неї та зовнішні обмеження; у САПР ТП – геометрична і технологічна інформація про певну деталь.

*Кодована* інформація про деталь у САПР ТП складається з чотирьох частин: інформація технологічного, конструктивного й економічного значення, що належить до всієї деталі загалом (відомості про спосіб виготовлення деталі, умови виробництва, обладнання, термічну обробку тощо); інформація технологічного та конструктивного значення, що належить до окремих поверхонь або частин деталі (спосіб виготовлення, вигляд термообробки, вигляд покриття тощо); геометрична інформація, що належить до всієї деталі загалом (габаритні розміри, точність виготовлення, шорсткість поверхні тощо); геометрична інформація, що визначає форму, розміри, точні та якісні характеристики окремих поверхонь деталі та їх взаємне розташування.

Ця інформація вводиться в оперативний запам'ятовувальний пристрій кожного разу під час проектування нового технологічного процесу на певну деталь.

*Умовно-постійна* інформація, що складається з довідкової та методичної інформації, включає відомості про нормалізовані вузли, що є на підприємстві, і деталі, обладнання, оснащення, нормалізований різальний і вимірювальний інструмент, методи отримання заготовок і їх обробки тощо.

Ця інформація є досить стабільною та постійно зберігається в зовнішній пам'яті ЕОМ.

*Похідна* інформація формується на різних етапах процесу проектування і стосовно САПР ТП містить відомості про маршрут обробки заготовок, технологічні операції та переходи, режими різання, графічні зображення операційних ескізів та інструментальних наладок тощо.

**База даних.** Уся умовно-постійна інформація, необхідна для функціонування САПР, подається у вигляді бази даних (далі – БД). *База даних* – це сукупність даних, що обробляються в більше ніж одній програмі (модулі). База даних для САПР ТП включає масиви інформації про обладнання, інструменти, пристрої, норми часу, формулювання операцій і переходів, технологічні й організаційні умови обробки виробів, процедури ухвалення вирішень, збирання й організації даних, а також перелік статистичних методів й моделей в межах проблематики системи тощо. У БД можна виокремити частини, що відіграють різну роль у процесі проектування (рис. 7.4).

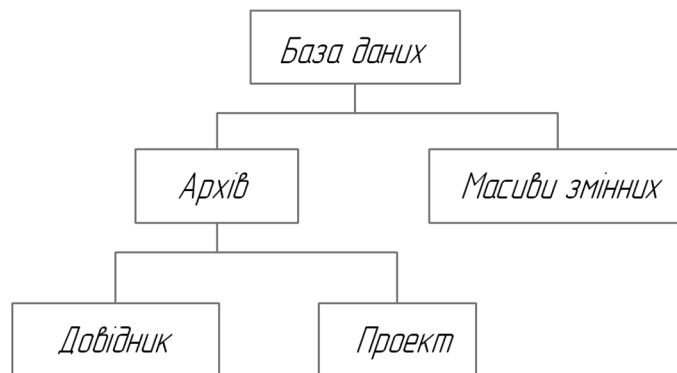


Рисунок 7.4 – Структура бази даних

*Довідник* містить довідкові дані про ДСТ, нормалі, уніфіковані елементи, раніше виконані типові проекти тощо. Цю частину змінюють порівняно рідко та вона характеризується одноразовим записом даних і багаторазовим їх прочитуванням. Вона включає умовно-постійну інформацію та називається постійною.

*Проект* містить відомості про рішення, що отримуються у процесі проектування. Це – результати виконання проектних завдань, отримані на сьогодні (різного типу схеми, специфікації, таблиці, тексти тощо). Проект поповнюється або змінюється із завершенням чергових ітерацій на етапах проектування. Ця частина називається *напівзмінною*.

Масиви даних, що входять у довідник і проект, об'єднують під загальною назвою *архів*.

Третя частина БД містить масиви змінних, значення яких важливі тільки в процесі вирішення одного певного завдання проектування та належать до різновиду раніше визначеної змінної інформації. Ця частина БД називається *змінною*.

Загалом база даних є сукупністю інформаційних масивів. При цьому кожен масив містить інформацію по одному класу об'єктів.

Відомості по опису об'єкта, які необхідно включити в БД, називають інформаційним змістом. Сукупність даних інформаційного змісту об'єкта (або декількох об'єктів), поданих у певний спосіб, називають *підмасивом*. Сукупність підмасивів для всієї групи об'єктів становить інформаційний масив. Підмасив може включати як числову, так і текстову інформацію.

За особливостями подання даних, а отже, і організацією, пошуку розрізняють підмасиви списочної та табличної структури. Прикладом списочної структури слугують паспортні дані обладнання, а табличною – таблиці залежності подач верстата від необхідної шорсткості оброблюваної поверхні або залежності величини кута при вершині свердла від вигляду оброблюваного матеріалу тощо.

Бази даних сучасних САПР повинні забезпечувати:

1) економне використання пам'яті. У процесі формування БД необхідно забезпечувати щільне розміщення даних на носіях, мінімізувати надмірність за рахунок усунення багатократного дублювання в різних масивах, розміщувати рідко використовувані дані, дешевші носії (із меншою швидкістю пошуку інформації);

2) узгодження часу вибірки даних прикладними програмами з частотами використання останніх. Для програм низьких ієрархічних рівнів цей час повинен бути мінімальним. Ці програми переважно орієнтовані на змінну частину БД, яка перед виконанням робочої програми розміщується в оперативній пам'яті. Напівзмінна постійна частини БД (архів) зазвичай використовуються програмами високих рівнів, в яких пошук даних перестає бути визначальним чинником, тому архів розміщується на зовнішніх носіях (магнітних дисках і стрічках);

3) універсальність, тобто наявність всіх необхідних даних і забезпечення доступу до них у процесі виконання проектних операцій і процедур прикладними програмами;

4) достовірність і несуперечність даних;

5) відкритість для внесення нових відомостей.

**Автоматизований банк даних.** Для використання БД необхідно спеціальне програмне забезпечення, яке проводить вибірку даних

прикладними програмами, запис нових даних, видалення старих непотрібних записів, перезапис файлів з одних машинних носіїв на інші.

Сукупність програм, що обслуговують БД, називається *системою керування базою даних* (далі – СКБД). До головних функцій СКБД належать такі: визначення та ініціалізація БД; організація зберігання даних; надання користувачам доступу до БД; захист цілісності БД; керування доступом до БД; підтримання функцій системного персоналу; підтримання технологічного процесу функціонування системи БД – СКБД.

БД і СКБД разом утворюють банк даних, який зазвичай називають *автоматизованим банком даних* (далі – АБД). АБД створюють як обслуговчу підсистему та використовують для автоматизованого забезпечення необхідними даними підсистем САПР.

Керування АБД здійснюється фахівцем або групою фахівців, які забезпечують цілісність, правильність даних, ефективність використання та функціональні можливості СКБД САПР. Фахівці виконують такі функції:

- організацію та формування баз даних – з'ясування вимог проектувальників, розробку схем (визначення структури даних, привласнення даним імен, забезпечення захисту даних), завантаження, регулювання можливості доступу проектувальників і вибір способу фізичної організації баз даних;

- організацію використання баз даних – розподіл запитів у часі, протоколювання робіт з базою даних, організацію регламентних робіт із підтримки АБД у робочому стані, відновлення баз даних у разі порушення цілісності даних і захист від несанкціонованого доступу до баз даних;

- реорганізацію баз даних – визначення необхідності й виконання реорганізації баз даних на підставі нових вимог розвитку й удосконалення або на підставі дослідження розробок і аналізу роботи АБД.

Головними характеристиками АБД є гнучкість, надійність, наочність і економічність.

Гнучкість АБД виражається в можливості нарощування й адаптації засобів СКБД і зміні організації та структури баз даних без великих вартіснотимчасових витрат. СКБД повинна генеруватися під можливі в експлуатації конфігурації технічного забезпечення й обстановку функціонування. У процесі проектування необхідно забезпечити доступ до інформації АБД користувачів різних рівнів.

Надійність АБД забезпечується можливістю відновлення інформації та програмних засобів АБД у разі їх руйнування; виконанням стандартних або описаних користувачем акцій на несанкціонований доступ або помилковий запит.

Наочність АБД реалізується поданням користувачеві АБД даних у звичній і зручній для сприйняття формі, наявністю засобів, що забезпечують облік і протоколювання його функціонування.

Економічність АБД полягає у задоволенні таких умов: дублювання даних виключається, крім випадків, коли воно виправдане технічними й економічними міркуваннями; автоматизація збору статистичних даних про вміст і використання інформації банку з метою організації ефективнішого розподілу пам'яті; наявність засобів тиражування баз даних.

*Приклад організації масивів БД.* Розглянемо особливості організації масивів БД на прикладі організації масиву металорізального обладнання. Цей масив інформації використовується під час виконання низки технологічних завдань, зокрема, під час проектування маршрутних технологічних процесів і технічному нормуванні верстатних робіт. У разі нормування масив «Обладнання» використовується для вирішення підзавдань:

- вибір найближчого числа з ряду паспортних даних, найближчих до розрахункових значень, наприклад частоти обертання та подачі;
- перевірка розрахункових режимів за потужністю, міцністю слабкої ланки;
- визначення номера цеху, ділянки, стану обладнання, паспортних даних цієї моделі за заданим інвентарним номером обладнання.

Укрупнений склад інформаційного масиву металорізального обладнання зображений на рисунку 7.5. Список всіх реквізитів масиву розбитий на дві групи: елементи першої групи характеризують певну фізичну одиницю обладнання; другої – дані, що описують модель обладнання взагалі.

Відомості про техніко-організаційні дані оформляють у вигляді так званої *інформаційно-логічної таблиці* (далі – *ІЛТ*), в якій як аргумент виступає інвентарний номер обладнання.

Для програмної реалізації функціонування інформаційного масиву «Обладнання» необхідно сформувати каталог імен і адрес. Техніко-організаційні дані оформляють у вигляді підмасиву, ім'я якого записують в каталог імен КТ, а відносну адресу розташування в числовому масиві – в каталог адрес № 1. Зв'язок техніко-організаційних даних із числовими характеристиками паспортних даних верстатів здійснюється через відносну адресу розташування підмасивів.

Пошук інформації при технічному нормуванні може вестися у двох напрямках, властивих двом завданням: визначення чисельних величин паспортних даних за заданою моделлю верстата; визначення техніко-організаційних даних за заданим інвентарним номером верстата.



Рисунок 7.5 – Укрупнений склад реквізитів інформаційного масиву металорізального обладнання

Алгоритм пошуку для цих завдань зображений на рисунку 7.6. Одним із найвідповідальніших етапів розроблення масивів БД, і в окремому випадку масиву «Обладнання» є збирання та систематизація даних. Для реквізиту «Модель верстата» записують умовне позначення типу і моделі, привласнене певному верстату: наприклад 1К62, 6Р13, 2А135РФ2. Кількість знаків у позначенні не повинна перевищувати певного числа, наприклад 24.

Уся зібрана для масиву «Обладнання» інформація зводиться за певними правилами в таблиці (формуляри), з яких вона наноситься на машинні носії та вводиться в ЕОМ.

Під час формування підмасиву виділяють просту змінну і керувальну інформацію. До *простих змінних* належать код обладнання; основні розміри й параметри, що характеризують можливості верстата; відомості про потужність, габарит, масу і вартість обладнання. *Керувальна інформація* – це відомості про ідентифікацію та розміщення числових рядів (подач, оборотів тощо), які не заносяться у формуляри і мають спеціальну структуру запису.



## 7.4 Технічне забезпечення САПР

Технічне забезпечення САПР включає сукупність технічних засобів (далі – ТЗ), що взаємодіють між собою і виконують автоматизоване проектування. Автоматизація проектування потребує випуску спеціалізованих засобів САПР. Технічне забезпечення САПР є сукупністю взаємопов'язаних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проектування.

До технічних засобів належать пристрої обчислювальної і організаційної техніки; засоби передачі даних, вимірники та інші пристрої та їх поєднання, що забезпечують певну технічну функцію відповідних підсистем САПР.

Реалізацію однорідних функцій різних підсистем САПР виконують такі групи ТЗ: підготовка і введення даних, передача даних, програмна обробка даних, відображення та документування даних, архів проектних рішень.

*Група ТЗ підготовки і введення даних* призначена для автоматизації підготовки, введення, первинної обробки та редагування початкових і нормативно-довідкових даних для автоматизованого проектування. ТЗ підготовки і введення даних повинні забезпечувати кодування інформації, нанесення даних на машинні носії, уведення даних в ЕОМ, візуальний контроль і редагування даних під час введення й підготовки алфавітно-цифрової та графічної інформації. Для виконання вказаних функцій застосовують пристрої підготовки даних на машинних носіях (перфоносіях, магнітних носіях, мікрофішах); пристрої введення даних із машинних носіїв (з перфоносіїв, з мікрофішей, що запам'ятовують пристрої на магнітних стрічках і дисках); пристрої введення графічної інформації (графоповторювачі або діджитайзери); клавіатури алфавітно-цифрові, функціональні, спеціальні, а також світлові, що реалізуються на екрані дисплея, і фотоселекторні засоби.

*Група ТЗ передачі даних* слугує для забезпечення дистанційного зв'язку засобів САПР по різних каналах зв'язку. Пристрої цієї групи повинні забезпечувати передачу даних між видаленими компонентами САПР по телефонних, телеграфних і спеціальних каналах зв'язку. До пристроїв цієї групи належать апаратура передачі даних (модеми, пристрої перетворення сигналів, пристрої захисту від помилок) та апаратура сполучення і концентрації (пристрої сполучення, адаптери дистанційного зв'язку, мультиплексори передачі даних, процесори телеобробки даних).

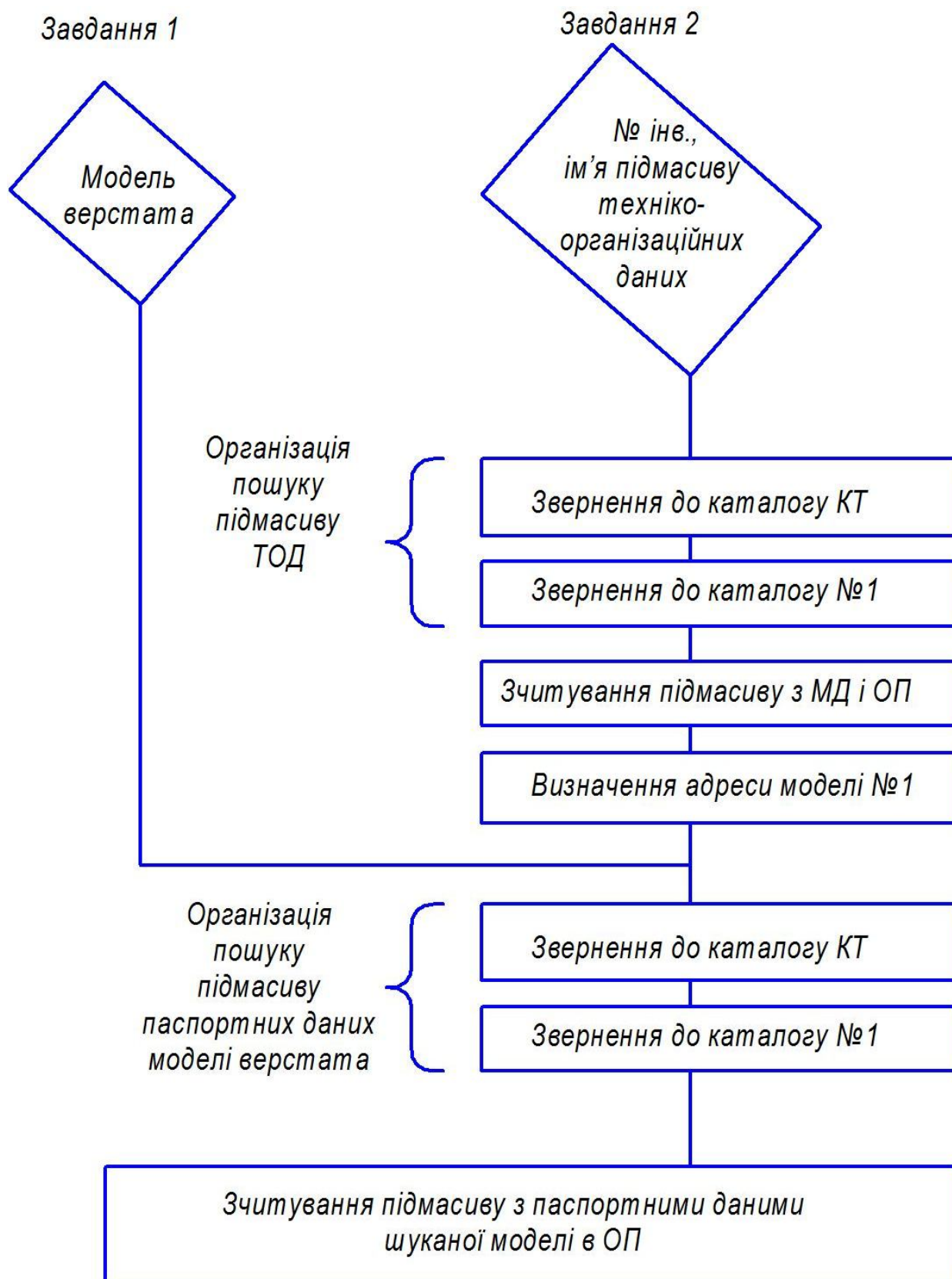


Рисунок 7.6 – Схема організації пошуку масиву паспортних даних верстата

*Група ТЗ програмної обробки даних* призначена для прийому цифрових даних, їх програмної обробки, накопичення та виведення на машинні носії, пристрої відображення і в канали зв'язку. До пристроїв цієї групи належать: ЕОМ загального призначення (мікро-ЕОМ, персональні, малі, середні, великі й надвеликі ЕОМ); спеціалізовані ЕОМ і мікропроцесори. ТЗ програмної обробки повинні забезпечувати розроблення та експлуатацію програмного забезпечення САПР, зміну продуктивності шляхом заміни або нарощування ЕОМ, використання програмно-апаратних засобів обліку, зберігання та видачі поточного часу, мультипрограмний режим роботи.

*Група ТЗ відображення і документування даних* призначена для оперативного представлення проектних рішень і запрошуваних даних, а також для виведення проектної документації та проміжних носіїв. До ТЗ цієї групи належать пристрої візуального відображення інформації (алфавітно-цифрові та графічні дисплеї, панелі й табло відображення інформації, мнімосхеми); пристрої виведення інформації на папір (пристрої друку, графічні пристрої, реєструвальні пристрої); пристрої виведення інформації на мікрофільми та мікрофіші; пристрої виведення на машинні носії запису (перфоносії, магнітні носії); пристрої виведення спеціального призначення (координатографи, фотонабірні пристрої тощо).

*Група ТЗ архіву проектних рішень* забезпечує зберігання, контроль, відновлення та розмноження даних про проектні рішення САПР, а також довідкові дані (зокрема нормативно-технічній документації). До ТЗ цієї групи належать пристрої тиражування мікрофільмованих документів.

Контроль, відновлення та розмноження даних архіву проектних рішень, що зберігаються на магнітних носіях, виконуються групами ТЗ підготовки і введення, а також програмної обробки даних.

Сучасні технічні засоби САПР повинні відповідати таким вимогам: забезпечувати можливість оперативної взаємодії інженерів з ЕОМ; мати достатню продуктивність і обсяг оперативної пам'яті ЕОМ для вирішення завдань усіх етапів проектування; володіти можливістю одночасної роботи з технічними засобами необхідної кількості користувачів для ефективної діяльності всього колективу розробників; мати комплекс технічних засобів для розширення і модернізації системи; володіти високою надійністю; мати прийнятну вартість тощо.

Перелічені вище вимоги найповніше можна реалізувати у процесі організації комплексів технічних засобів.

## 7.5 Лінгвістичне забезпечення САПР

*Лінгвістичне забезпечення САПР* включає різні мовні засоби, які діляться на дві групи: мови програмування; мови проектування.

Під терміном «мова» у цьому разі розуміється будь-який засіб спілкування, будь-яка система символів або знаків, використовуваних для обміну інформацією.

*Мови програмування* служать для запису програм. Ними користуються насамперед у процесі при підготовки програм, а не у процесі експлуатації САПР.

*Мови проектування* призначені для уявлення та перетворення початкової інформації у процесі виконання проектних процедур за допомогою програмного забезпечення. Ці мови застосовуються користувачами САПР у процесі їхньої інженерної діяльності.

**Алгоритмічні мови.** З моменту використання ЕОМ для розрахунків і проектування виникла проблема спілкування людини з машиною. Спочатку програму для ЕОМ готували в машинних кодах. Такі машинні програми могли розробляти тільки вузькі фахівці-програмісти, які знають пристрій і особливості певної ЕОМ. Інженер-користувач для виконання розрахунків на ЕОМ у своїй проблемній сфері повинен був звертатися до програміста. У цьому разі використовують ланцюжок «користувач – програміст – машина програма – ЕОМ». Такий ланцюжок призводив до великих витрат трудових ресурсів і часу. Програмування завдань на машинній мові обмежувало використання ЕОМ. Ця проблема була вирішена після створення алгоритмічних мов високого рівня, що відрізняються універсальністю. Для того, щоб машина розуміла мови високого рівня, необхідний перекладач із цих мов на машинний. Таким перекладачем є транслятор, тобто програма, яка перетворює програму, написану на мові високого рівня, в машинну. Унаслідок цього виникає такий ланцюжок: користувач – програма на мові високого рівня – транслятор – машинна програма – ЕОМ.

Символіка та логіка алгоритмічних мов близькі до прийнятих у математиці в російській і англійській мовах. Водночас ця символіка і правила запису строго однозначні й можуть автоматично (формалізовано) переводитися в команди машини.

*Алгоритмічна мова* – це набір символів і система правил освіти і тлумачення конструкцій із цих символів для задання алгоритмів. Алгоритмічну мову для запису програм і даних називають мовою програмування. Як мови програмування в САПР застосують машинно-орієнтовані мови типу АСЕМБЛЕР та алгоритмічні мови високого рівня.

Алгоритмічні мови високого рівня порівняно з машинно-орієнтованими мовами зручніші для реалізації алгоритмів чисельного аналізу, легше освоюються інженерами, дають змогу підвищити продуктивність праці програмістів у процесі розроблення програм та їх адаптації до різних типів ЕОМ. Найбільше застосовують мови БЕЙСІК, ПАСКАЛЬ, Сі, Сі+, Сі+Builder, Delphi тощо.

Мови типу АСЕМБЛЕР відрізняються більшою універсальністю, тобто володіють ширшими можливостями для опису кодів різних форматів, логічних операцій і процедур. Використання цих мов потребує менших витрат машинного часу та пам'яті.

Зважаючи на достоїнства машинно-орієнтованих і алгоритмічних мов високого рівня, їх можна застосовувати одночасно для виконання різних завдань у разі розроблення САПР.

**Мови проектування.** Для забезпечення процесу проектування об'єктів у САПР використовують такі різновиди мов проектування: вхідна; базова; вихідна.

*Вхідна мова* призначена для подання завдання на проектування. У цій мові для задання початкової інформації в САПР необхідно передбачити засоби опису об'єктів проектування у формі, зручній для відображення та введення в ЕОМ. Ці засоби повинні описувати не тільки математичні об'єкти – числа, змінні, масиви, але й різні види графічної інформації – конструкторські креслення, схеми тощо.

*Базова мова* слугує для представлення додаткових відомостей до первинного опису об'єкта проектування, проектних рішень, описів проектних процедур (зокрема процедур інформаційного обміну) і їхньої послідовності. Ця мова, що зазвичай називається мовою опису завдань, створюється близькою за можливостями, символікою та граматикою до універсальних алгоритмічних мов. При цьому доцільно не розробляти оригінальну базову мову, а використовувати універсальну алгоритмічну мову, доповнивши її окремими елементами, властивими розроблюваному процесу проектування.

Вихідну мову застосовують для представлення якого-небудь проектного рішення, зокрема результат проектування, у формі, що задовольняє вимогам його подальшого застосування. До складу цієї мови належать різноманітні засоби опису результатів проектування у вигляді креслень, технічних карт, схем налагодження, таблиць, текстової документації, а також засобу подання проміжних результатів проектування, використовуваних у різних підсистемах САПР.

Розроблювані у процесі створення САПР мови проектування, в насамперед вхідні мови повинні відповідати таким вимогам:

- бути універсальними, тобто володіти можливістю опису будь-яких об'єктів проблемної сфери, на яку орієнтована САПР;
- мати проблемну орієнтацію, тобто забезпечувати користувачеві максимальні зручності для опису і сприйняття використовуваних під час проектування даних;
- елементи та конструкції мови повинні володіти однозначністю тлумачення;
- мати можливості для розвитку і розширення;
- бути сумісними з іншими вхідними та вихідними мовами.

## **7.6 Методичне забезпечення САПР**

Під *методичним забезпеченням САПР* розуміють вхідні до її складу документи, що регламентують порядок її експлуатації. До того ж документи, що стосуються процесу створення САПР, не входять до складу методичного забезпечення. Оскільки документи методичного забезпечення мають переважно інструктивне значення та їх розроблення є творчим процесом, то про спеціальні способи і засоби реалізації цього компоненту САПР мова не йде.

Останнім часом вдосконалення організації робіт у сфері автоматизації проектування спрямовано на централізоване створення типових ПМК із метою широкого тиражування. Такі ПМК повинні включати разом з програмами для ЕОМ із базами даних комплекти документації. Отже, зазначена документація стане частиною методичного забезпечення САПР.

## **7.7 Організаційне забезпечення САПР**

Стандарти із САПР потребують виокремлення як самостійного компоненту організаційного забезпечення, що включає положення, інструкції, накази, штатні розклади, кваліфікаційні вимоги та інші документи, які регламентують організаційну структуру підрозділів проектної організації та взаємодію підрозділів із комплексом засобів автоматизованого проектування, а також порядок ведення документації.

Функціонування САПР можливо тільки за наявності й взаємодії перелічених засобів автоматизованого проектування.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які відомі різновиди забезпечення САПР?
2. Наведіть структуру взаємозв'язку засобів забезпечення САПР.
3. Схарактеризуйте всі забезпечення САПР.
4. З чого складається загальна структура оперативної системи?
5. Яка структура інформаційного забезпечення?
6. Що таке база даних, з чого вона складається?

## 8 ПОСЛІДОВНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ НА ЕОМ

Для виконання інженерних розрахункових або проектних завдань на ЕОМ потрібно провести підготовчу роботу, що охоплює такі етапи: математичне формулювання завдання; вибір чисельного методу вирішення задачі; розроблення алгоритму; складання програми та її налагодження на контрольному прикладі; підготовка і запис початкових даних; вирішення задачі на ЕОМ і аналіз результатів [3].

Трудомісткість процесу розроблення програм і ефективність їх використання у процесі експлуатації здебільшого залежать від результатів виконання перших трьох етапів, що стосуються математичного забезпечення САПР.

Математичне формулювання завдання передбачає математичний опис її умов і визначення аналітичних виразів і формул, які необхідно вирішити на ЕОМ. Остаточний вигляд формул і математичних залежностей зазвичай називають *математичною моделлю*. Для переходу від словесного опису завдання до математичного формулювання використовують математичні методи.

Чисельні методи дають змогу звести вирішення найрізноманітніших і складних операцій (інтеграція, диференціювання, обчислення логарифмічних і інших функцій) до послідовного виконання чотирьох арифметичних дій.

Для різних математичних завдань, використовуваних у САПР, розроблені чисельні методи їх вирішення. Вибір того чи іншого чисельного методу для виконання завдання на ЕОМ обумовлюється з вимогами, що став, по-перше, визначенням завдання (необхідна точність, швидкість рішення та витрати на підготовку програми) і, по-друге, самою ЕОМ і програмою з позиції реалізації методу на машині.

За отриманими математичними залежностями записують послідовність виконання математичних операцій у вигляді алгоритму. На етапі вибору чисельного методу вирішення завдання вибирають методи оптимізації відповідно до вигляду цільової функції, кількості й особливостей змінних тощо.

Розроблення алгоритму передбачає визначення послідовності вирішення задачі на підставі раніше виконаного математичного формулювання задачі й вибору чисельного методу її вирішення.

**Побудова математичних моделей об'єктів проектування.** Процес проектування з використанням САПР у загальному вигляді характеризується деякими загальними підходами до вирішення проектних завдань. Так, у



процесі автоматизації конструювання будь-яких об'єктів можна виокремити такі рівні: вибір принципу побудови проектного об'єкта; розроблення його структурної схеми; визначення характеристик процесів функціонування об'єкта; розроблення функціональних блоків; проектування елементів функціональних блоків.

Ці самі рівні властиві і проектуванню технологічних процесів. Так, перший і другий рівні можна зіставити з вибором загальної схеми та маршруту обробки, четвертий – з проектуванням технологічної операції тощо.

Якість проектування об'єкта залежить від ухвалюваних вирішень на всіх рівнях проектування. Проте найбільше впливають перші рівні, особливо вибір принципу побудови проектного об'єкта та розроблення його структурної схеми.

Залежно від проектних завдань і вимог, що ставляться до їх вирішення, можливі різні способи моделювання цих завдань. Найбільшого поширення в САПР набули методи математичного моделювання, що обумовлюються побудовою математичних (операційних) моделей. У таких моделях разом із безліччю проектних ситуацій і рішень, які можуть бути прийняті в цих ситуаціях, відображаються вимоги, що ставляться до шуканого рішення, і чинники, які необхідно врахувати при його виборі. Вироблення рекомендацій щодо проектного рішення в процесі проектування полягає у відшукуванні рішення з безлічі можливих рішень, які найповніше задовольняють цим вимогам.

*Математична модель* – це сукупність математичних об'єктів (чисел, змінних, векторів, множин тощо) і відносин між ними, яка адекватно відображає деякі властивості проектного технічного об'єкта. У процесі проектування застосовують ті математичні моделі, які відображають істотні з позицій інженера-проектувальника властивості об'єкта. Головною вимогою до математичних моделей є адекватність відображення в них модельованого об'єкта. Математичні моделі, використовувані під час проектування різних технічних об'єктів, мають загальну структуру.

Усі змінні в математичних моделях поділяться на три групи: керовані, некеровані й похідні.

Під *керованими змінними* розуміють такі, вибір значень яких визначає вибір того або іншого проектного рішення.

*Некеровані змінні* характеризують ситуацію, в якій необхідно ухвалити рішення. Ці змінні описують зовнішні чинники, не залежні від проектних рішень, що оптимізуються, але що впливають на наслідки ухвалення того чи іншого вирішення.

*Похідні змінні*, залежні від керованих і некерованих змінних, є результатами ухвалення того або іншого проектного рішення. До таких змінних у проектних завданнях належать техніко-економічні характеристики проектного об'єкта.

В основу процесу вибору проектних рішень на різних етапах закладають досягнення деяких цілей, які можна підрозділити на якісні й кількісні.

Під *якісними* маються на увазі цілі, яким відповідають тільки два результати – мета досягнута або не досягнута. Прикладом якісної мети є прагнення забезпечити отримання тієї або іншої техніко-економічної характеристики проектного об'єкта в заданих межах.

Співвідношення, що описують умову здійснення якісних цілей, зазвичай називають обмеженнями моделі (технічними обмеженнями), а вирішення, що задовольняють цим умовам, – допустимими, тому цей тип критеріїв називають іноді критеріями допустимості.

Під *кількісними* мають на увазі такі цілі, які полягають у прагненні збільшити (або зменшити) деякі характеристики (наприклад, техніко-економічні) проектного об'єкта, залежні від ухвалюваних вирішень. З погляду кількісної мети, рішення буде тим краще, чим більше (або менше) при цьому значення відповідного критерію. Критерії, які слугують для вираження кількісних цілей, називають критеріями ефективності або приватними критеріями ефективності.

Якщо серед варіантів проектного об'єкта відшукується не будь-який прийнятний кращий варіант, а якнайкращий у деякому розумінні, то критерій ефективності в цьому разі зазвичай називають *критерієм оптимальності*.

У реальних проектних завданнях виникає необхідність під час вибору деякого рішення враховувати можливість досягнення декількох кількісних цілей, часом суперечливих. У цих ситуаціях доводиться враховувати декілька приватних критеріїв ефективності. Найпростішим способом вирішення цієї проблеми є побудова узагальненого критерію, який є загалом певною сукупністю приватних критеріїв. Залежність між узагальненим критерієм, або приватним критерієм ефективності (оптимальності), і підлеглими до оптимізації параметрами називають *цільовою функцією*. Отже, якість проектного рішення буде тим краще (за сукупністю мети), чим більше (або менше) відповідне йому значення цільової функції.

Побудова математичних моделей різних технічних об'єктів є досить складним творчим процесом, що потребує від розробника знання тієї сфери, до якої належать проєктований об'єкт, методів математичного моделювання та певної винахідливості.

Процес моделювання охоплює такі етапи: визначення завдання; побудова моделі та її аналіз; розроблення методів отримання проектних рішень на моделі; експериментальна перевірка і коректування моделі й методів.

Якість створюваних математичних моделей здебільшого залежить від правильного визначення завдання. На цьому етапі необхідно визначити техніко-економічні цілі вирішуваного завдання, зібрати та проаналізувати всю початкову інформацію, визначити технічні обмеження. У процесі побудови моделей потрібно використовувати методи системного аналізу. Процес моделювання, зазвичай, має ітераційне спрямування, що передбачає на кожному подальшому кроці ітерацій уточнення попередніх рішень, прийнятих на попередніх етапах розроблення моделей.

**Розроблення алгоритмів.** Під *алгоритмом* розуміють певну, строго визначену послідовність виконання процесу, спрямованого на отримання бажаної інформації певного вигляду й обсягу. Алгоритм характеризується такими поняттями: детермінованістю, дискретністю, масовістю та формалізацією.

*Детермінованість*, або *визначеність* встановлює однозначність результату процесу при заданих початкових даних і свідчить про те, що не можуть бути його різні тлумачення. *Дискретність* означає розчленованість алгоритму на окремі елементарні дії. *Масовість* припускає вирішення будь-якої задачі з класів однотипних при різних значеннях початкових даних. Під *формалізацією*, точніше *ступенем формалізації* потрібно розуміти рівень наближення розроблення алгоритму до мови програмування. Можна вважати, що алгоритм достатньо формалізований тоді, коли він може бути запрограмований для ЕОМ із використанням існуючого математичного забезпечення.

Найпоширеніші такі форми подання (описи) алгоритму.

1. *Словесний опис.* Ця форма є загальним описом процедур на природній мові. Ступінь деталізації обчислювального процесу є низьким, формалізація процесу практично відсутня. Позитивним моментом потрібно вважати ємне і компактне уявлення про перебіг вирішення задачі. Словесний опис алгоритму використовується зазвичай в різних реферативних описах вирішуваного завдання, на початковій стадії розроблення алгоритму, в технічних описах, статтях тощо.

2. *Операторний опис.* Полягає в докладному описі процесу, розчленованого на окремі формули або навіть на окремі арифметичні операції зі словесною або символічною вказівкою послідовності дій. Таке подання алгоритму супроводжується майже повною формалізацією, у зв'язку

з чим програмування його значно спрощується. Операторну формулу опису алгоритму доцільно застосовувати для нескладних і малим за обсягом розрахункових завдань, інакше алгоритм стає важким для сприйняття і складним для реалізації.

3. *Опис у вигляді таблиці ухвалення рішень.* Таблиці ухвалення рішень потрібно розглядати як спеціальну форму алгоритмів, яка особливо добре підходить для певних технологічних завдань. Принципова побудова таблиць ухвалення рішень (таблиць відповідностей) наведена в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Структура таблиці ухвалення рішень

<i>Можливі рішення</i>	<i>Критерії (ознаки) вибору рішення</i>				
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	...	$T_n$
$Y_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	...	$X_{1n}$
$Y_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	...	$X_{2n}$
...	...	...	...	...	...
$Y_m$	$X_{m1}$	$X_{m2}$	$X_{m3}$	...	$X_{mn}$

Перевагами застосування таблиць ухвалення рішень є такі: можливість будь-якого розвитку по рядках і стовпцях; можливість застосування для представлення типових рішень (маршрутів обробки, верстатів, інструментів тощо); добре пристосоване до специфічних умов підприємства за допомогою заміни, розвитку або зміни змісту; можливість представлення таблиць ухвалення рішень як підпрограм загальної системи алгоритмів (діаграми послідовності дій).

4. *Опис у вигляді математичних залежностей.* Достатньо коротка і раціональна форма подання алгоритмів – це функціональні залежності, записані у вигляді формул, які забезпечують мінімізацію потреб в об’ємі пам’яті. У багатьох випадках виявляється можливим перетворити табличні форми подання інформації, наприклад довідково-нормативні таблиці у вигляді математичних залежностей. У разі використання інтегрально-аналітичного методу визначення припуску замість громіздких нормативних галузевих таблиць операційних припусків можна застосовувати рівняння типу:

$$z_{j \min} = a + bD^m + cL^n, \quad (8.1)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти та показники ступенів  $m, n$ , визначені шляхом математичної обробки довідкових таблиць операційних припусків.

5. *Опис у вигляді схем.* Будучи за змістом операторною формою, такий опис істотно відрізняється від неї за формою уявлення, бо використовує графіку і графічні символи для відображення всього процесу. Кожна операція алгоритмізованого процесу полягає у графічному символі-блоці, що характеризує виконувану операцію. Зв'язок між блоками також указується графічно прямими лініями.

Подання алгоритмів у вигляді схем на сьогодні найпоширеніше. Зазвичай схеми використовують і під час складання словесного опису алгоритмів, коли словесний опис виконуваних процедур і зв'язку між ними оформлюється графічно.

### **8.1 САПР технологічної підготовки виробництва**

Сучасна САПР при її розвитку повинна включати автоматизоване вирішення всіх завдань, що зустрічаються у процесі технологічного проектування. До того ж для вирішення кожного завдання передбачається створення окремої підсистеми автоматизованого проектування. Зразковий склад підсистем, відповідний сучасному рівню розвитку технології машинобудування, наведений на рисунку 8.1.

Підсистеми автоматизації технологічного проектування передбачають виконання таких завдань:

1) розроблення технології ливарного виробництва: литво в земляні форми, литво під тиском, кокільне литво, відцентрове литво, прецизійне литво;

2) розроблення технології зварювання та різання металів: дугового електрозварювання, контактного електрозварювання, газового зварювання та різання, підготовки програм для зварювальних автоматів і для різання металів із ЧПК;

3) розроблення технології ковальсько-штампувального виробництва: вільного кування, штампування на молотах і пресах, кування на горизонтально-кувальних машинах, пресування на гідравлічних пресах, поперечного плющення, підготовки програм для пресів із ЧПК;

4) розроблення технології механічної обробки: типових групових і одиничних технологічних процесів, автоматних операцій, технічного нормування, підготовки програм для верстатів із ЧПК;

5) розроблення технології складання: операційних технологічних процесів складання, підготовки керувальних програм, для промислових робіт;

6) розроблення технології хімічних, термохімічних, хіміко-механічних, електричних, термічних методів обробки, металопокриттів, забарвлення.

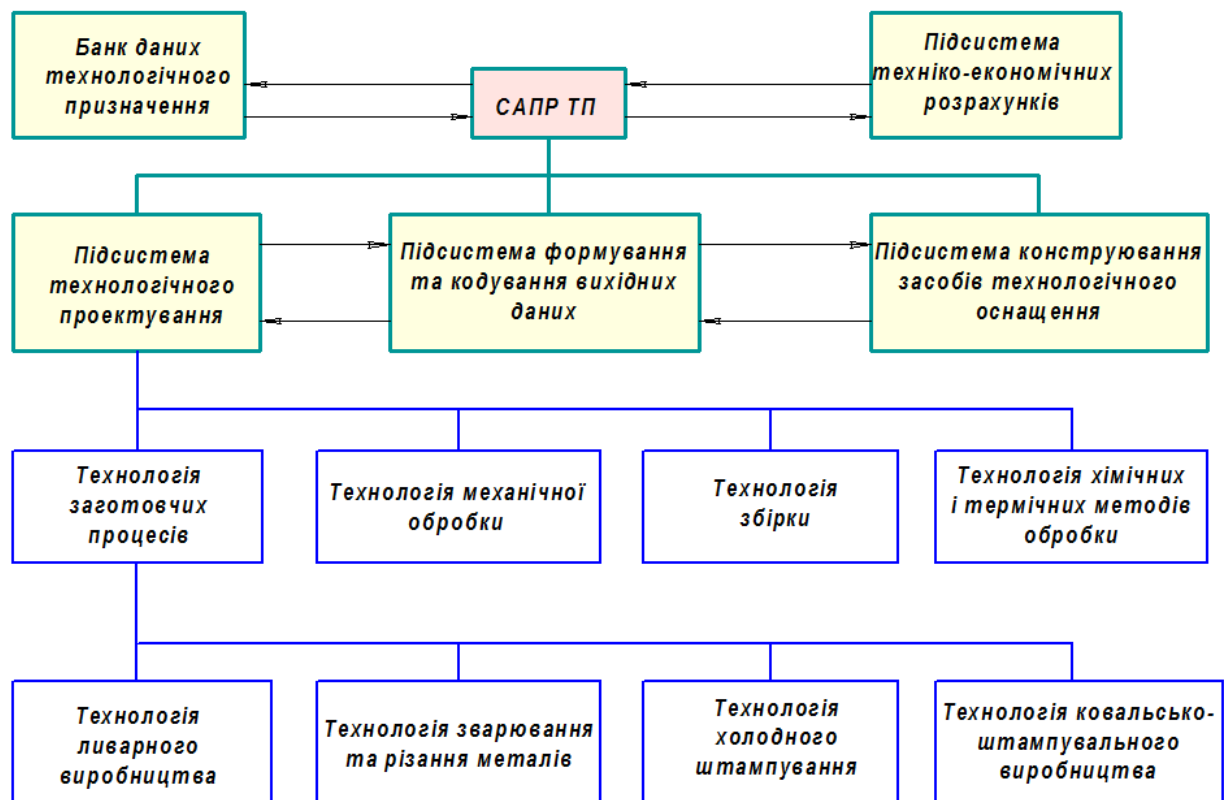


Рисунок 8.1 – Функціональний склад комплексної САПР ТП машинобудівного підприємства

Підсистеми конструювання засобів технологічного оснащення повинні включати інваріантні частини (модулі), що дають змогу виконувати для різних підсистем технологічного проектування такі завдання: проектування спеціального обладнання; проектування спеціального оснащення; проектування спеціальних різальних інструментів; проектування спеціальних вимірювальних інструментів. Для здійснення функцій зв'язку між окремими підсистемами САПР ТП необхідно розробити спеціальну підсистему стикування. Цю функцію, як наведено на рисунку 9.1, виконує підсистема формування та кодування початкових даних, яка здійснює вибірку, переробку і систематизацію даних, що видаються попередніми підсистемами, а також підготовку даних для роботи подальших підсистем технологічного проектування.

Для зберігання, пошуку і первинної переробки даних, необхідних під час проектування, в САПР ТП слугує банк даних технологічного призначення.

Незважаючи на різноманіття завдань, що виникають під час створення комплексних САПР ТП машинобудівного підприємства, є можливість їх побудови на єдиній методологічній базі з максимальним використанням

стандартних методів, програм і технічних засобів. На сьогодні здебільшого використовують окремі підсистеми технологічного проектування. Проте розроблюються комплексні САПР ТП, які більше не потребують технічної документації для виробничих цілей і вся інформація для виконання різноманітних завдань передаватиметься з ЕОМ по каналах зв'язку.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Що таке математична модель?
2. У чому полягає сутність побудови математичного моделювання об'єктів проектування?
3. З чого складається процес розроблення алгоритмів?
4. Наведіть функціональний склад комплексної САПР технологічної підготовки машинобудівного підприємства.

## 9 ВЗАЄМОДІЯ САПР З ІНШИМИ АВТОМАТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ

В умовах реального виробництва всі різновиди систем автоматизації (далі – СА) тією або іншою мірою повинні взаємодіяти один з одним, а САПР – безпосередньо з автоматизованими системами наукових досліджень, технологічної підготовки виробництва, керування виробництвом (рис. 9.1).

Автоматизована система керування підприємством вказаних систем здійснюється шляхом обміну інформацією, поданою у вигляді звичайних документів і в машинних кодах або записаною на машинних носіях (частка такого обміну збільшується).

Використання таких систем відкриває можливість створення «безлюдної» технології, головною особливістю якої є переробка і передача інформації за допомогою обчислювальних систем від проектувальника, конструктора або технолога безпосередньо виконавському елементу виробничої системи – верстату або ПР без паперової документації або участі робітника-верстатника.

Від АСК усі системи автоматизації повинні отримувати керувальну інформацію планового значення, а також інформацію про фактичну наявність ресурсів. Зі свого боку, СА направляють в АСК дані про виконання планових завдань, про потребу в різних ресурсах, зокрема в матеріалах, комплектувальних виробах, інструментах, енергії.

З АСНД у САПР надходить інформація про технічні вимоги до проектного об'єкта, важливі технічні й конструкторські рішення, вироблені внаслідок математичного моделювання об'єктів. Загалом у зв'язку з розвитком робіт із комплексного моделювання проектованих об'єктів межі між «чистими» дослідженнями і проектуванням стираються. Складні й трудомісткі розрахунки, здійснювані на стадії дослідницького проектування, зазвичай доцільніше виконувати на основі дослідної моделі об'єкта і формувати дані про проєктований об'єкт для подальших проектних робіт на машинних носіях у вигляді матриць коефіцієнтів і математичних залежностей або у вигляді чисельних значень відповідних параметрів, але ефективніше – здійснювати у вигляді повної математичної моделі об'єкта, яку можна деталізувати, уточнювати й розвивати. З погляду ефективності автоматизації, створення моделі об'єкта та її використання під час проектування необхідно об'єднати. У процесі проектування можуть з'явитися рішення, які потрібно знову перевірити на початковій моделі й підтвердити додатковими розрахунками. У цьому разі такі рішення з САПР



необхідно передати назад в АСНД. Отже, поділ на САПР і АСНД умовний: він більшою мірою відображає практику організації робіт, що склалася, а не сутність виконуваних цими системами функцій [3].

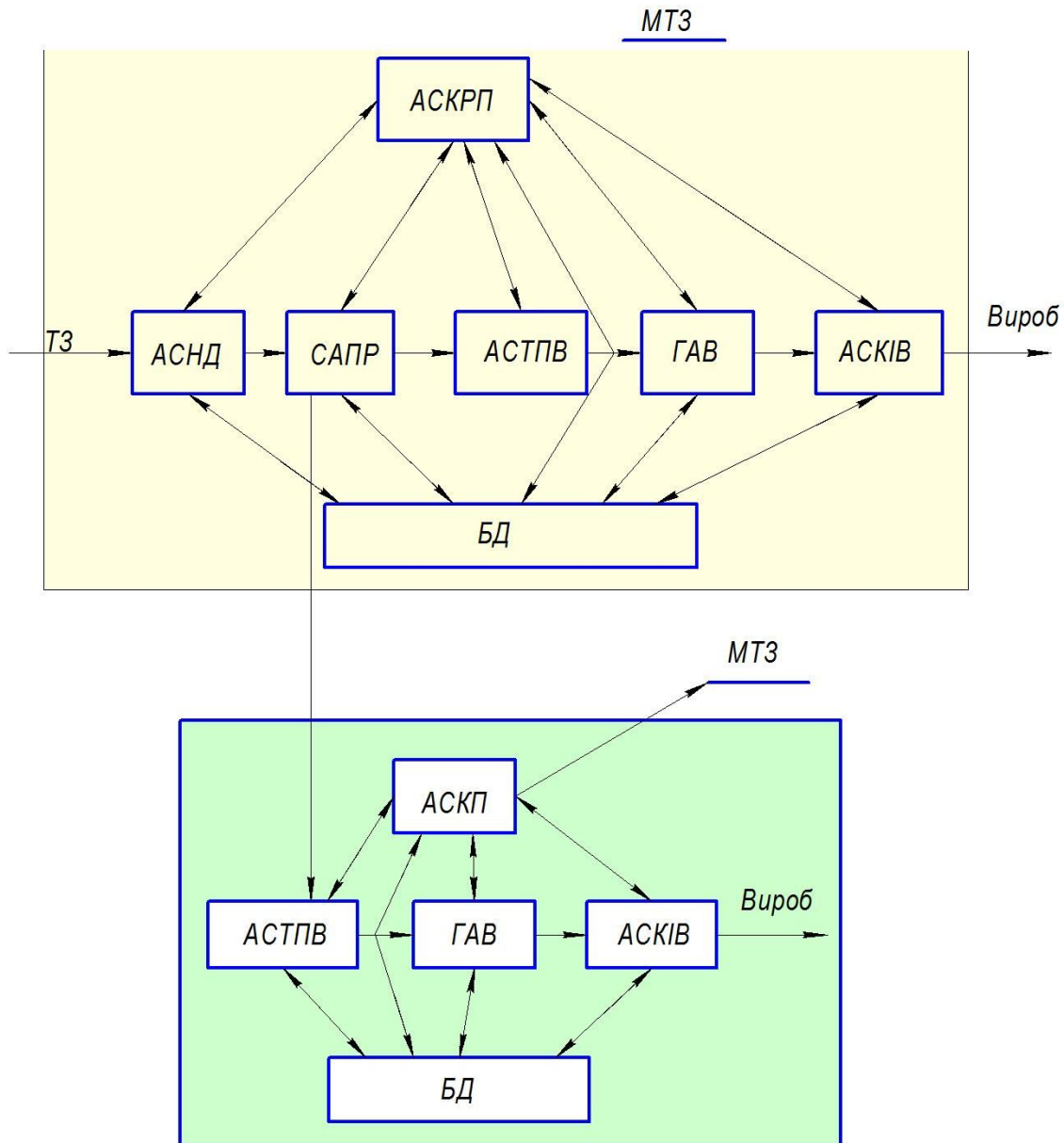


Рисунок 9.1 – Взаємодія систем автоматизованого виробництва:  
*ТЗ – технічне завдання; АСНД – автоматизована система наукових досліджень; АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва; АСКІВ – автоматизована система контролю та випробувань; МТЗ – матеріально-технічне забезпечення; ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво; БД – база даних; АСКП – автоматизована система керування підприємством*

Системна інтеграція розроблення й вироблення виробів на підставі єдиних математичних моделей дає змогу в межах великих підприємств об'єднати автоматизовані системи наукових досліджень, системи автоматизованого проектування, автоматизовані технологічні комплекси і загальний банк даних АСКВ в інтегровану гнучку виробничу систему (далі – ГВС). Це дасть можливість у низці випадків обходитися без випуску традиційної проектно-конструкторської документації, оскільки результати проектування, отримані в САПР, використовуватимуться безпосередньо під час складання керувальних програм, для верстатів із ЧПК і роботами для виготовлення деталей і складальних одиниць. На рисунку 9.2 наведена схема інтегрованої системи проектування, виготовлення деталей, складання машин і керування виробництвом із використанням ЕОМ. Інтеграція систем проектування включає:

- інтеграцію інформації (єдина класифікація, єдина система документації);
- організаційну інтеграцію (єдина система збирання, пошуку і передачі інформації);
- техніко-математичну інтеграцію (уніфіковані техніко-математичні методи аналізу вирішуваних завдань);
- програмну інтеграцію (уніфікація програмного забезпечення);
- технічну інтеграцію (уніфікація використовуваної обчислювальної техніки, засобів зв'язку тощо).

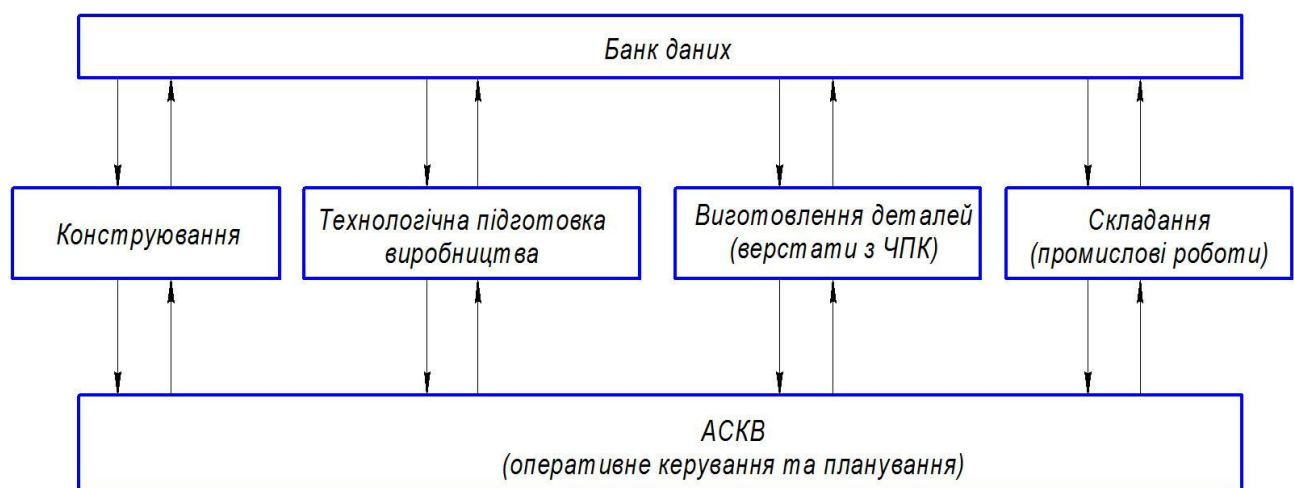


Рисунок 9.2 – Схема інтегрованої системи проектування та виготовлення виробів

Найбільший ефект дає автоматизація проектування найскладніших об'єктів, зокрема початкові стадії проектування. Ухвалюванні на цих стадіях проектні рішення найважливіші: якісне рішення дає найбільший ефект, спрощуючи подальшу роботу і покращуючи характеристики майбутнього виробу; помилкове рішення, якщо воно не буде виправлено на наступних стадіях, спричинить великі втрати у процесі експлуатації об'єкта.

Інтеграція СА потребує істотного розширення складу БД і об'єднання їх в єдину базу інтегрованої системи; створення галузевих і міжгалузових банків даних нормативно-технічної, техніко-економічної та науково-технічної інформації; створення багаторівневих обчислювальних систем колективного користування з різними типами ЕОМ, уніфікації структур переданих масивів інформації; розвитку операційних систем і доповнення прикладного програмного забезпечення (далі – ППЗ) численними інтерфейсами для сполучення з новими підсистемами.

На рисунку 9.3 зображена схема підготовки головних виробничих документів в умовах інтегрованої САПР.

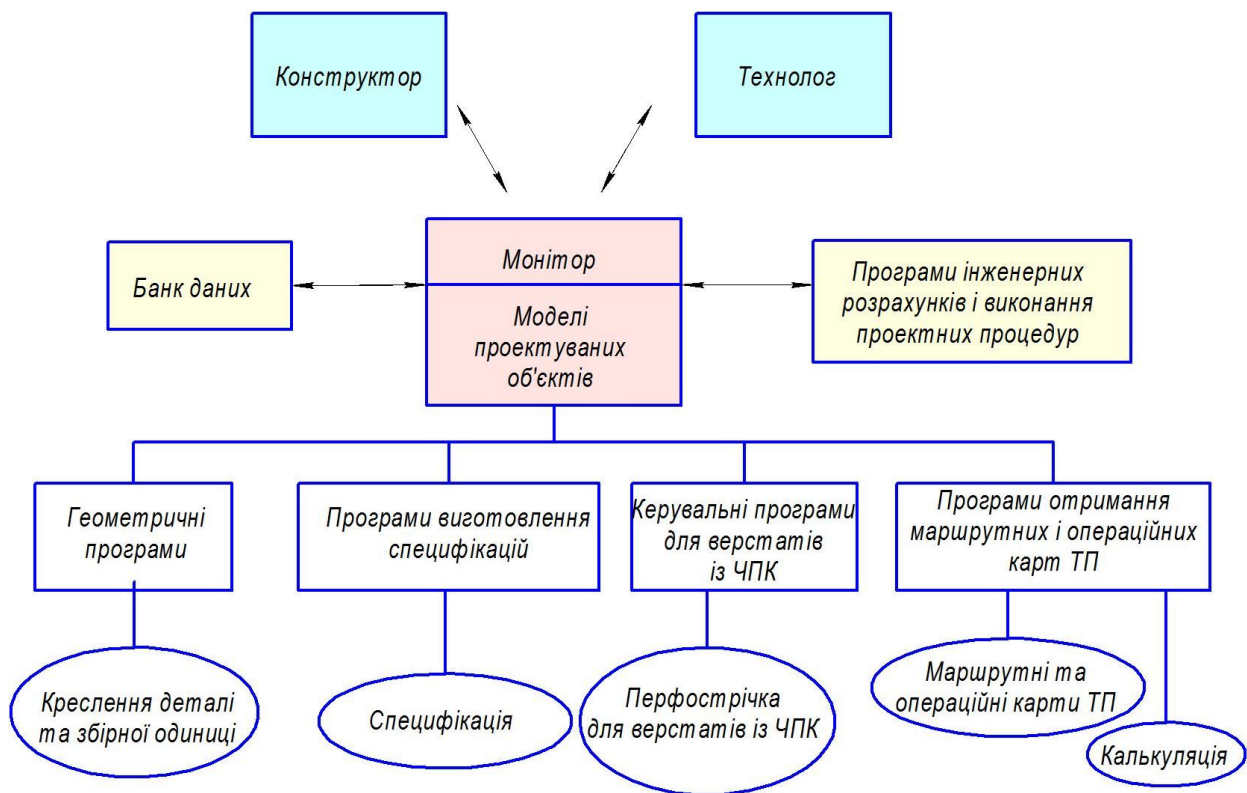


Рисунок 9.3 – Схема підготовки технічної документації в умовах інтегрованої САПР

Розвиток і вдосконалення методів оптимізаційного проектування потребує розроблення нових математичних методів, відповідного ППО і збільшення продуктивності обчислювального комплексу САПР.

Удосконалення технології автоматизованого проектування спричинить зміну ділення проектування на стадії та перерозподіл проектних робіт між стадіями. Зокрема, вирішувати загальні питання необхідно на ранніх стадіях, роботи з оформлення проектних рішень – на завершальній стадії. Режим роботи проектувальників з ЕОМ буде повністю інтерактивним. Головним робочим інструментом користувачів будуть персональні ЕОМ, підключені до загальної обчислювальної мережі. Мови спілкування проектувальників із системою повинні бути максимально наближені до природної мови, можливий перехід до усного спілкування. Усі проміжні проектні рішення зберігатимуться в пам'яті ЕОМ, остаточні рішення – передаватися у виробництво на машинних носіях.

Удосконалення технології проектування потребує істотної зміни складу технічних засобів САПР, програмного й організаційного забезпечення.

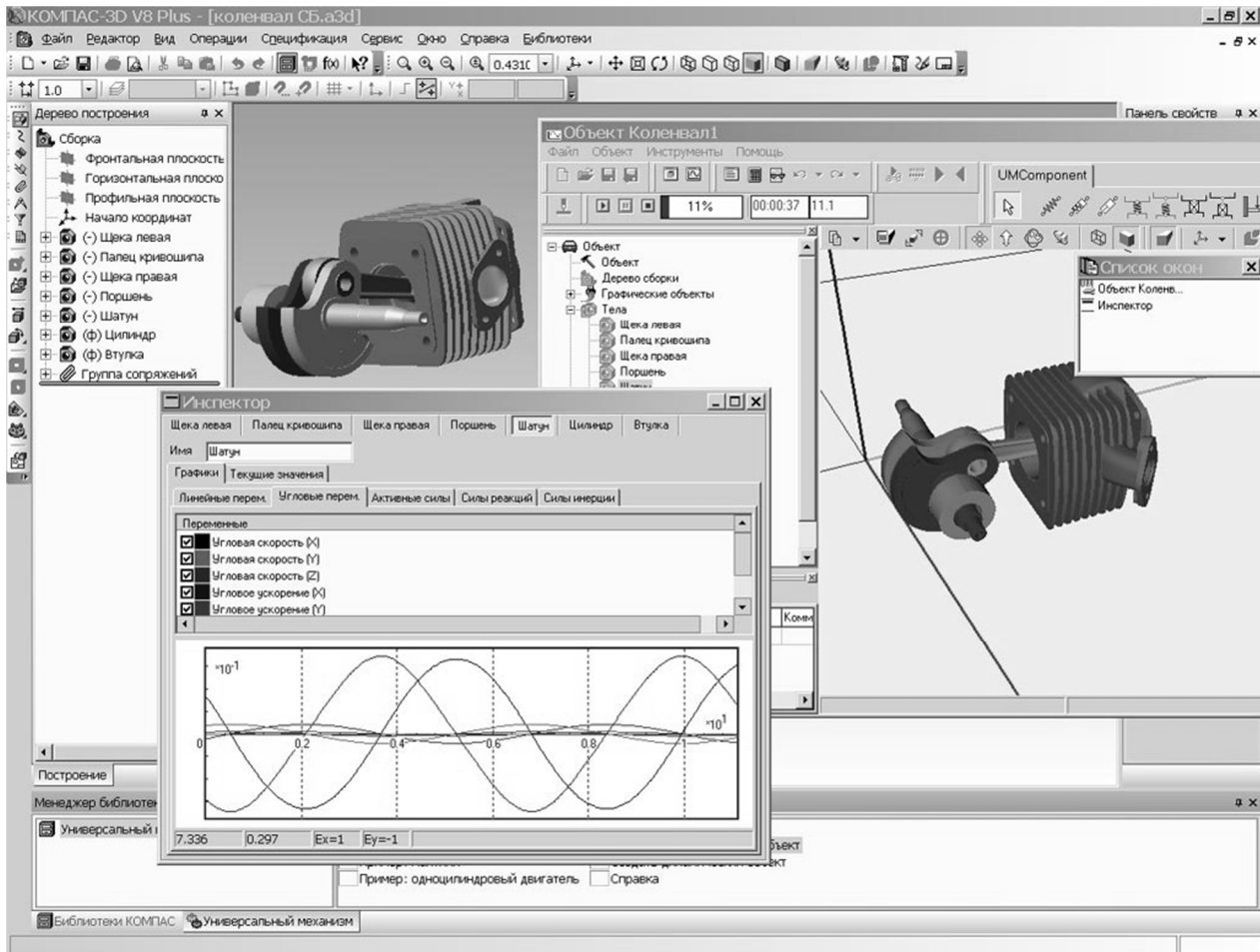
Розвиток САПР позначиться на виконанні проектних автоматизованих робіт. Найдосконаліші САПР автоматизуватимуть усі проектні операції, за винятком ухвалення рішень, узгодження їх із співвиконавцем, складання записок пояснень та інших робіт. Щобільше у низці випадків система формуватиме рішення і проектувальнику залишиться тільки погодитися з ним або зажадати переробки частини проекту.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Як відбувається взаємодія систем автоматизованого виробництва?
2. Наведіть схему інтегрованої системи проектування та виготовлення виробів.
3. З чого складається схема підготовки технічної документації в умовах інтегрованої САПР?

## Частина II.

### ПРОЕКТУВАННЯ В СИСТЕМІ КОМПАС



## 10 КОМПАС – ШВИДКИЙ СТАРТ

### 10.1 Запуск системи КОМПАС

Запуск системи КОМПАС можна здійснити такими способами.

**Перший спосіб** – за допомогою ярлика програми на *робочому столі* операційної системи: подвійне клацання ЛК миші по ярлику (рис. 10.1).



Рисунок 10.1 – Ярлик системи КОМПАС на робочому столі операційної системи

**Другий спосіб** – за допомогою системи меню *Windows*: на робочому столі операційної системи клацніть ЛК миші по пункту *Пуск* у меню, що з'явилося клацніть ЛК пункт «*Програми*» ► *АСКОН* ► *КОМПАС* (рис. 10.2).

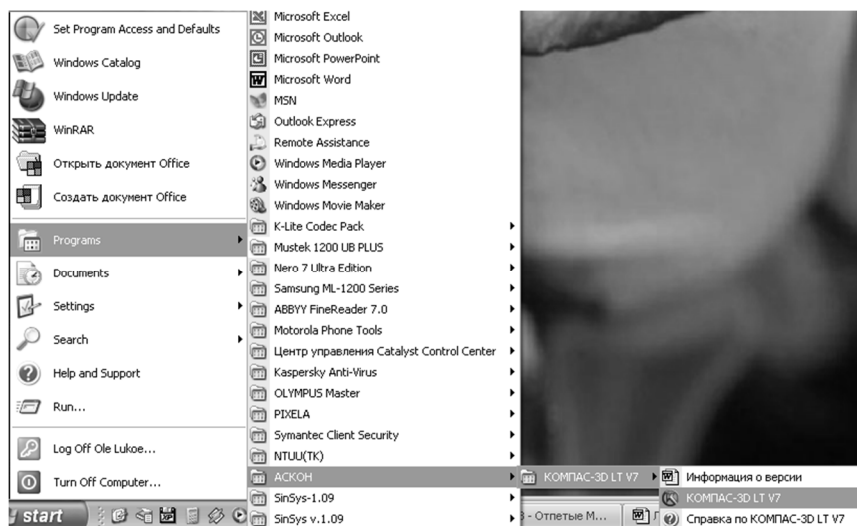



Рисунок 10.2 – Приклад запуску системи КОМПАС другим способом

### 10.2 Відкриття нового документу

Після запуску системи КОМПАС з'явиться вікно системи КОМПАС зі **Стартовою сторінкою** (рис. 10.3). Для закриття **Стартової сторінки** натискаємо кнопку **Закрити** .

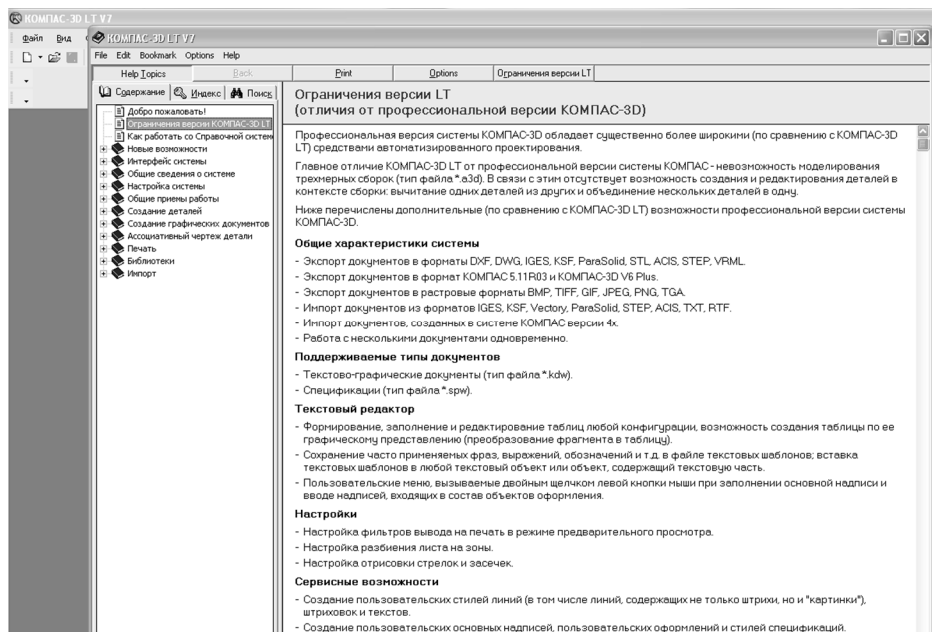


Рисунок 10.3 – Вікно КОМПАС із Стартовою сторінкою після запуску

Тепер перед вами головне вікно системи КОМПАС. Це вікно буде відкривати система після запуску. Зверху розміщуються заголовок системи, рядок меню і панель інструментів *Стандартна*:

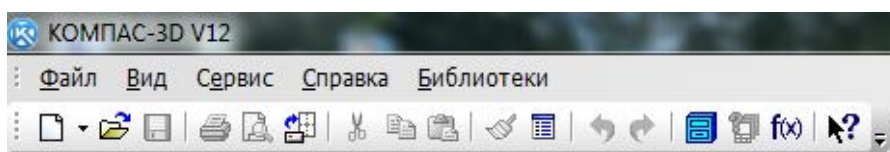



Рисунок 10.4 – Заголовок, рядок меню і панель інструментів *Стандартна* у головному вікні системи

Далі для відкриття нового документа необхідно натиснути на кнопку на панелі інструментів  – «Создать объект» чи натиснути в рядку меню на пункт «Файл» ► «Создать», з'явиться вікно «Новый документ», у якому необхідно обрати закладку «Новые документы», в якій натиснути одну із потрібних ярликів і кнопку **ОК**.

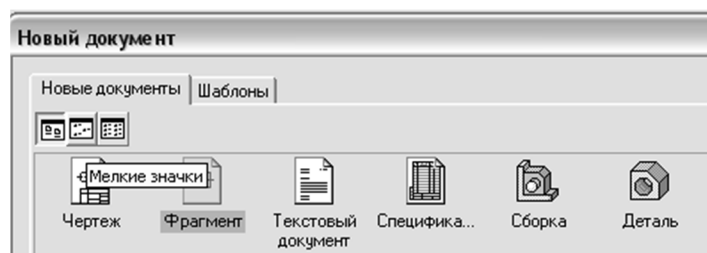


Рисунок 10.5 – Ярлики в закладці «Новые документы»

Наприклад обираємо ярлик **«Чертёж»**. З’являється графічний кульман із макетом стандартного аркуша формату А4, на якому можна створювати креслення у масштабі 1:1.

### 10.3 Налаштування робочих параметрів креслення

Перед тим як розпочати здійснювати креслярські операції, потрібно задати необхідні робочі параметри креслення: формат аркуша креслення, масштаб, вигляд документа за ДСТ, товщину лінії, тип і розмір шрифту тощо [4–6].

Розглянемо докладніше налаштування параметрів креслення. Відомо два способи (рис. 10.6):

**Перший спосіб** – у рядку меню клацніть ЛК по пункту **«Сервис»** ► **«Параметры»**;

**Другий спосіб** – у полі аркуша клацніть ПрК миші з’явиться допоміжне вікно, в якому необхідно вибрати рядок **«Параметры текущего чертежа»**.

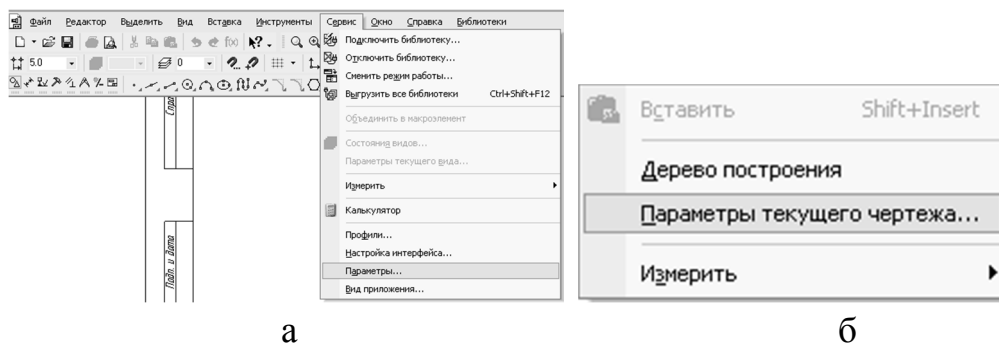


Рисунок 10.6 – Способи виклику вікна **«Параметры»**

Вікно **«Параметры»** має чотири вкладки: **«Система»**, **«Новые документы»**, **«Текущий чертеж»** та **«Текущее окно»**. Вікно відкрити на вкладці **«Текущий чертеж»** (рис. 10.7).

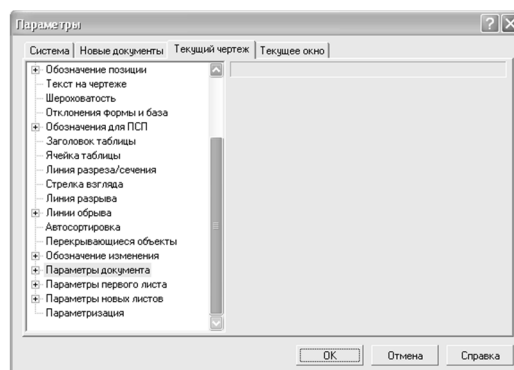


Рисунок 10.7 – Діалогове вікно **«Параметры»** на вкладці **«Текущий чертеж»**



У лівій частині елементів креслення клацніть ЛК по знаку «+» перед пунктом **«Параметры документа»**. Розкриється склад елементів креслення.

1. Для зміни масштабу та ліній креслення клацніть ЛК по пункту **«Вид»**. У правій частині з'явиться панель **«Параметры нового вида»**. Вона має дві вкладки: **«Линии»** та **«Параметры»**. На вкладці **«Параметры»** можна наперед встановити масштаб створюваних виглядів креслення. На вкладці **«Линии»** можливо, натискаючи на кнопки **«Видимые линии»**, **«Невидимые линии»**, **«Линии переходов»** і **«Линии сгибов»** у викликаному діалоговому вікні **«Выберите текущий стиль»**, змінити стиль вирисовування ліній (рис. 10.8).

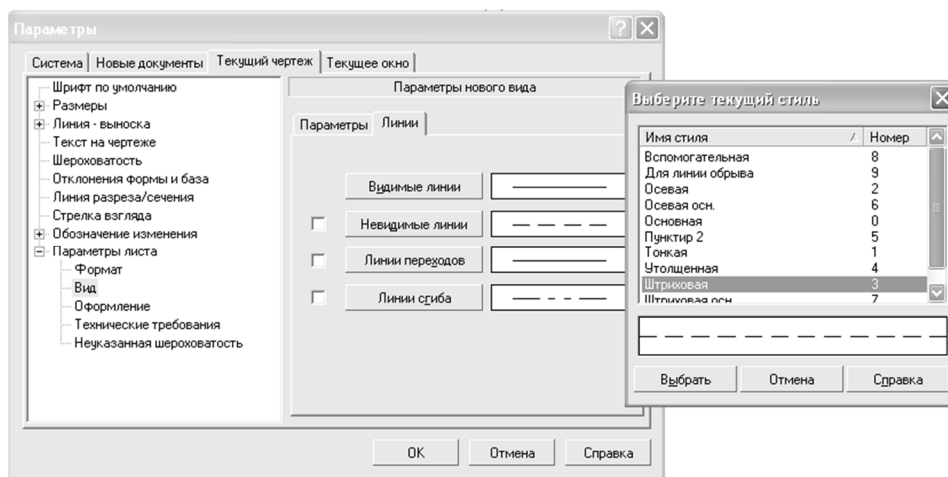


Рисунок 10.8 – Діалогове вікно **«Параметры»** з відкритою вкладкою **«Линии»**

2. Для зміни формату аркуша креслення клацніть ЛК по пункту **«Формат»**. У правій частині з'явиться панель **«Формат листа»** де можна задати формат аркуша та його вертикальне чи горизонтальне розміщення.

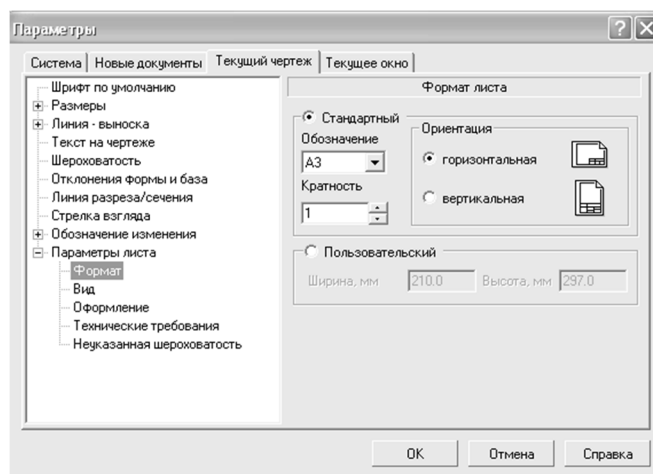


Рисунок 10.9 – Діалогове вікно **«Параметры»** з відкритою вкладкою **«Формат листа»**

3. Для зміни оформлення креслення клацніть ЛК по пункту **«Оформление»**. У правій частині діалогового вікна **«Параметры»** з'явиться надпис: **«Чертеж контр. Первый лист. ГОСТ 2.104-68»**. Натисніть ЛК на кнопці з трьома точками **...**, з'явиться на екран діалогове вікно **«Выберите стиль оформления»** (рис. 10.10).

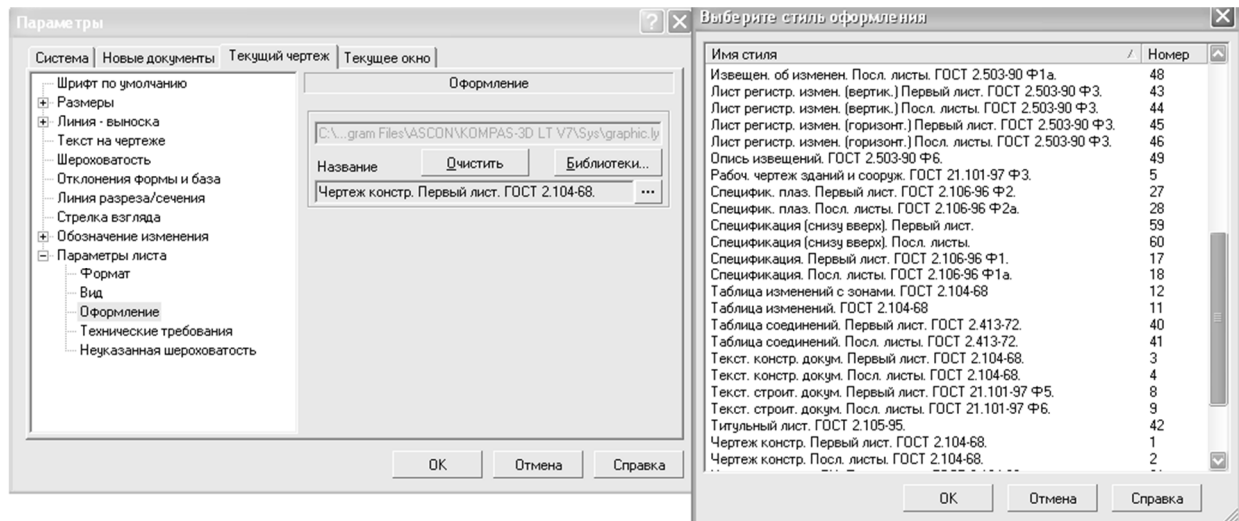


Рисунок 10.10 – Діалогове вікно **«Параметры»** із відкритою вкладкою **«Оформление»**

Повзунком зсуньте список і виберіть потрібний, наприклад **«Чертеж стоит. Первый лист. ГОСТ 2.104-68»**. Натисніть кнопку ОК.

## 10.4 Збереження документа

Збереження документа здійснюється декількома способами.

1. Коли збереження проводиться вперше, необхідно в **Рядку меню** вибрати пункт **«Файл»**, натиснути ЛК, з'явиться допоміжне вікно, в якому необхідно обрати рядок **«Сохранить как...»**. Далі з'явиться вікно **«Укажите имя файла для записи»**, в якому необхідно вказати диск, папку, де буде зберігатися файл і надати йому ім'я (рис. 10.11). Натисніть кнопку **«Сохранить»** («Save»).

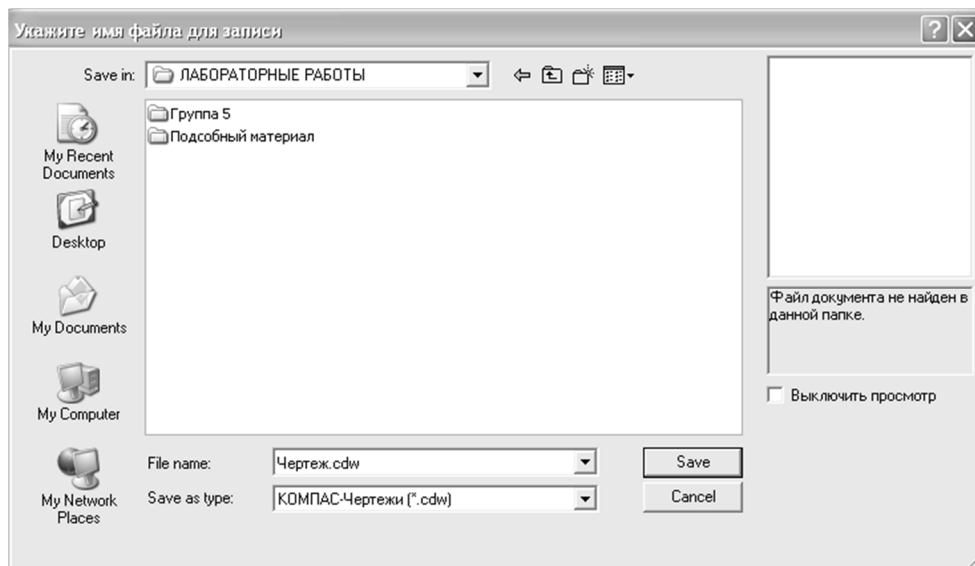


Рисунок 10.11 – Діалогове вікно «Укажите имя файла для записи»

2. У рядку меню вибрати пункт «Файл» ➤ «Сохранить» чи комбінацію клавіш <Ctrl+S>.

3. На **Стандартній** панелі натиснути кнопку «Сохранить» – .

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як створювати новий документ?
2. Як запустити систему КОМПАС?
3. Як викликати вікно «*Параметры текущего чертежа*»?
4. Як зберегти створений документ?
5. Які команди потрібно здійснити для того, щоб змінити формат аркуша креслення?

## 11 ЕКРАН СИСТЕМИ КОМПАС ТА ЇЇ ГОЛОВНІ ПАНЕЛІ Й МЕНЮ

Для того, щоб швидко освоїти роботу в системі КОМПАС, необхідно ознайомитися з головними панелями та меню екрана (див. рис. 11.1).

У найвищому рядку міститься назва системи, у цьому разі КОМПАС-3D V12, далі йде назва файлу (на рисунку документ не був збережений, тому бачимо назву «*Чертеж БЕЗ ИМЕНИ1*») і надалі вигляд документа.

Нижче знаходиться рядок **Головного меню**, яке складається з пунктів «Файл», «Редактор», «Выделить», «Вид», «Вставка», «Инструменты», «Сервис», «Окно», «Справка», «Библиотеки» (рис. 11.1).

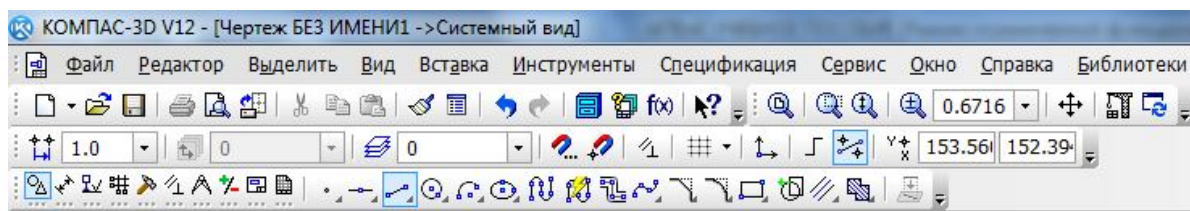


Рисунок 11.1 – Головні панелі екрана у системі КОМПАС

Нижче **Головного меню** розташовані різні панелі інструментів. Для того щоб увімкнути чи вимкнути ту чи іншу панель, необхідно в **Головному меню** натиснути ЛК на пункті «Вид», у діалоговому вікні, що з'явиться, вибрати рядок «Панели инструментов» і далі обрати, яку панель потрібно увімкнути чи вимкнути, для чого потрібно поставити чи зняти прапорець навпроти назви потрібної панелі (див. рис. 11.2).

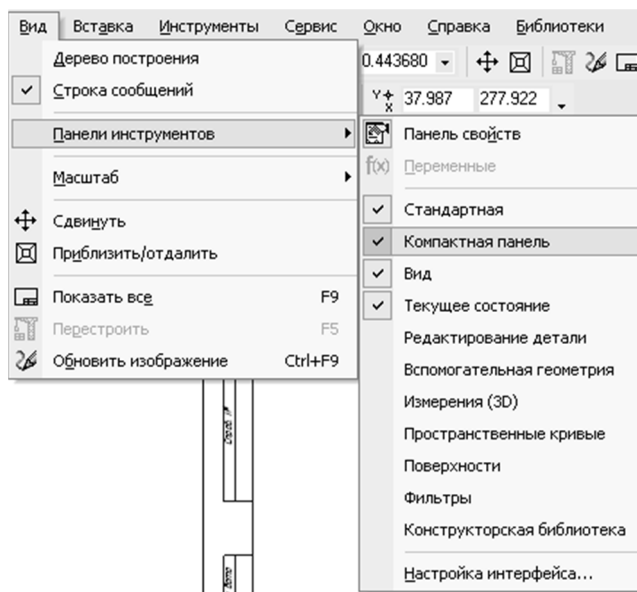


Рисунок 11.2 – Приклад вибору панелей інструментів на екрані














Нижче розглянемо головні панелі інструментів.

## 11.1 Стандартна панель екрана

Панель інструментів **Стандартна** складається з такого набору кнопок, кожна з яких відповідає окремій команді (рис.11.3).



Рисунок 11.3 – Панель інструментів **Стандартна** із назвою кнопок команд

-  **«Создать»** – викликає діалогове вікно **«Новый документ»**;
-  **«Открыть»** – викликає діалогове вікно **«Выберите файлы для открытия»**;
-  **«Сохранить»** – викликає діалогове вікно **«Выберите файлы для записи»**;
-  **«Печать»** – вмикає принтер для друкування документу;
-  **«Предварительный просмотр»** – дає змогу перейти в режим попереднього огляду документа наперед друку для можливого коригування;
-  **«Вырезать»** – усуває виділені об'єкти й розміщує їх у буфер обміну Windows;
-  **«Копировать»** – просто копіює виділені об'єкти й розміщує у буфер обміну;
-  **«Вставить»** – вставляє копію з буфера обміну у розроблюваний документ;
-  **«Отменить»** – скасовує попередню дію конструктора;
-  **«Повторить»** – повторює попередню дію конструктора;
-  **«Менеджер библиотек»** – дає змогу увімкнути чи вимкнути зображення на екрані **Менеджера бібліотек**;
-  **«Переменные»** – вмикає чи вимикає діалогове вікно **«Переменные»**;
-  **«Справка»** – дає змогу отримати довідку за командами системи КОМПАС безпосередньо у процесі роботи в графічній зоні.

## 11.2 Панель «ВИД»

Панель інструментів **«Вид»** складається з такого набору кнопок команд (рис. 11.4).

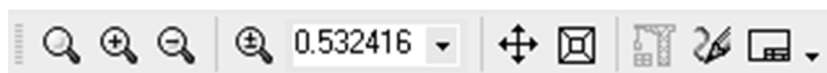








Рисунок 11.4 – Панель інструментів **«Вид»**


 **«Увеличить масштаб рамкой»** – дає змогу збільшувати фрагмент креслення в активному вікні за допомогою прямокутної рамки;


 **«Увеличить масштаб»** – у разі клацання ЛК миші по кнопці зображення на екрані збільшується у 1,2 раза;


 **«Уменьшить масштаб»** – у разі клацання ЛК миші по кнопці зображення на екрані зменшується у 1,3 раза;

 0.5  **«Текущий масштаб»** – у цьому текстовому вікні показується теперішній масштаб зображення креслення на екрані;

 **«Сдвинуть»** – дає змогу зсувати креслення чи формат креслення на екрані;

 **«Приблизить/отдалит изображение»** – дає змогу плавно віддаляти чи наближувати зображення;

 **«Обновить изображение»** – очищає вікно документа і заново прорисовує всі об'єкти креслення, усуваючи викривлення;



 **«Показать все»** – змінює масштаб відображення креслення так, щоб на екрані було видно весь документ.



### 11.3 Панель «ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ»



Панель інструментів **«Текущее состояние»** визначає стан системи у певний момент і складається з таких вікон і кнопок (рис. 11.5).





Рисунок 11.5 – Панель інструментів **«Текущее состояние»**

 5.0  **«Текущий шаг курсора»** – у цьому вікні відображається шаг курсору за замовчанням;


  **«Состояние видов»** – виводить на екран діалогове вікно **«Менеджер документа»**. Ці кнопка і вікно з надписом **«Системный вид»** за замовчанням не активні;


 0  **«Состояние слоев»** – виводить на екран діалогове вікно **«Менеджер документа»**;


 **«Установка глобальных привязок»** – викликає на екран діалогове вікно **«Установка глобальных привязок»**;


 **«Запретить привязки»** – забороняє використання встановлених прив'язок;

 **«Сетка»** – вмикає та вимикає допоміжну сітку;

 **«Локальная СК»** – дає змогу створювати локальні системи координат;

 **«Ортогональное черчение»** – слугує для переходу в прямокутне (ортогональне) креслення;

 **«Округление»** – дає змогу вмикати/вимикати закруглення шагу курсору;



 **«Координаты курсора»** – у вікнах відображуються теперішні координати курсору по осях  $X$ ,  $Y$  у системі координат.

## 11.4 Компактна панель інструментів

За замовчанням ця панель розташовується у лівій частині екрану. Її склад залежить від типу активного документа: креслення, фрагмент, текстовий документ, специфікація (рис. 11.6).



Рисунок 11.6 – Компактна панель інструментів

**Компактна панель** поділяється на дві частини: у лівій частині вона являє собою набір кнопок-перемикачів дев'яти панелей інструментів в один ряд, ці кнопки призначені для розкриття панелі інструментів у правій частині **Компактної панелі**. При підведенні курсору до кнопки-перемикача з'являється ярлик-підказка з ім'ям розкритої панелі. Для активації будь-якої панелі необхідно клацнути ЛК по кнопці-перемикачу цієї панелі інструментів. Наприклад, клацніть ЛК по кнопці-перемикачу **«Геометрия»**, і розкриється панель інструментів **«Геометрия»** у правій частині **Компактної панелі**. Ця панель складається з набору кнопок для побудови різних одиничних геометричних об'єктів (відрізок, коло, дуга тощо). Коли кнопка має чорний трикутник у правому нижньому куті () , то вона ще має випадну панель з однорідними кнопками. Це панель розширених команд. За допомогою команд цієї панелі можливі різні варіанти побудови об'єкта. Наприклад, дуга за замовчанням будується через крайні дві точки з центральною точкою (). Панель розширених команд **«Дуга»** дає можливість побудови дуги різними засобами: за трьома точками, за двома точками тощо. Щоб отримати доступ до другої команди побудови, наприклад **«Дуга по трём точкам»**, необхідно виконати таке:

– клацнути ЛК миші по початковій кнопці **«Дуга»** панелі інструментів **«Геометрия»** і не відпускати її декілька секунд. Через недовгий час із головної панелі випаде панель розширених команд;



– після з'явлення панелі для вибору необхідного варіанта команди потрібно зсунути курсор до кнопки *«Дуга по трём точкам»* і до з'явлення ярлика-підказки, відпустити ЛК миші.

Нижче розглянемо кожну з панелей інструментів, які входять до складу **Компактної панелі** у режимі створення креслення. Вона буде такою самою і в режимі створення фрагментів.

Будь-яку інструментальну панель можна витягти з компактної панелі, вона може бути встановлена у будь-яке місце по периметру екрану.

*Для витягування панелі необхідно виконати таке:*

– підведіть курсор до кнопки-перемикача до появи підказки з назвою панелі;

– опустіть курсор до маркера переміщення (заштрихований прямокутник) до появи чотирибічної стрілки, клацніть ЛК миші. Зверніть увагу на появу з лівого боку кнопки вертикальної риси;

– не відпускаючи ЛК, відбуксуйте панель, наприклад, униз на графічний екран, поки вона не стане горизонтальною (рис. 11.7). Відпустіть ЛК миші.

*Для встановлення панелі інструментів назад у склад **Компактної панелі** виконайте таке:*




– підведіть курсор до назви панелі та клацніть ЛК. З'явиться чотирибічна стрілка;

– не відпускаючи ЛК миші, натисніть клавішу *«Alt»* на клавіатурі й відбуксуйте панель до панелі інструментів **Компактна панель**. У разі появи заштрихованого прямокутника відпустіть ЛК.


Коли кнопка попала не на те місце, підведіть курсор до маркера переміщення до появи чотирибічної стрілки і клацніть ЛК миші. Зверніть увагу на появу з лівого боку кнопки вертикальної риси. Не відпускаючи ЛК, перемістите риску до потрібного місця. Відпустіть ЛК миші.









#### 11.4.1 Інструментальна панель *«Геометрия»*


Забезпечує можливість накреслити будь-яку лінію чи фігуру будь-яким типом лінії, а також виконати штрихову відповідно до ДСТ, складається із таких кнопок-команд (рис. 11.6):






 **«Точка»** – побудова допоміжних точок на кресленні, має інші команди такі як  – **«Точки по кривой»** та  – **«Точки пересечения 2 кривых»**;






 **«Вспомогательная прямая»** – має розширену панель інструментів, яка складається з наступних кнопок-команд:





-  – «Горизонтальная прямая»;
-  – «Вертикальная прямая»;
-  – «Параллельная прямая»;
-  – «Перпендикулярная прямая»;
-  – «Касательная прямая через внешнюю точку»;
-  – «Касательная прямая через точку кривой»;
-  – «Прямая касательная к 2 кривым»;
-  – «Биссектриса».



 **«Отрезок»** – має розширену панель інструментів, яка складається із наступних кнопок-команд:


-  – «Параллельный отрезок»;
-  – «Перпендикулярный отрезок»;
-  – «Касательный отрезок через внешнюю точку»;
-  – «Касательный отрезок через точку кривой»;
-  – «Отрезок, касательный к 2 кривым».


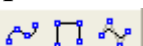
 **«Окружность»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «Окружность», «Окружность по 3 точкам», «Окружность, касательная к 1 кривой», «Окружность, касательная к 2 кривым», «Окружность, касательная к 3 кривым», «Окружность по 2 точкам»;



 **«Дуга»** має ще розширену панель інструментів, що складається з наступних кнопок-команд:


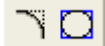
-  – «Дуга по 3 точкам»;
-  – «Дуга, касательная к кривой»;
-  – «Дуга по 2 точкам»;
-  – «Дуга по 2 точкам и углу раствора».



 **«Эллипс»** має розширену панель команд де відповідно до зображення  – «Эллипс», «Эллипс по диагонали прямоугольника»;


 **«Непрерывный ввод объектов»** – ця команда дає змогу неперервно вводити координати об'єкта;



 **«Кривая Безье»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «Кривая Безье», «Ломаная», «NURBS»;


 **«Фаска»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «Фаска», «Фаска на углах объекта»;


 **«Скругление»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – **«Скругление»**, **«Скругление на углах объекта»**;

 **«Прямоугольник»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – **«Прямоугольник»**, **«Прямоугольник по центру и вершине»**, **«Многоугольник»**;

 **«Собрать контур»** – дає змогу сформувати контур, послідовно обходячи між собою геометричні об'єкти;

 **«Эквидистанта кривой»** має розширену панель команд де відповідно до зображення  – **«Эквидистанта кривой»**, **«Эквидистанта за стрелкой»**;

 **«Штриховка»** – дає змогу заштриховувати одну чи декілька областей у наявному вигляді креслення;


 **«Спроецировать объект»** – дає змогу створити в наявному ескізі проекцію вказаної вершини, грані чи ребра деталі (для 3D).


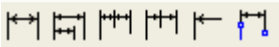
#### 11.4.2 Інструментальна панель **«Размеры»**


Забезпечує можливість простановлення розмірів відповідно до ДСТ і складається із таких команд (рис. 11.7).


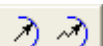




Рисунок 11.7 – Інструментальна панель **«Размеры»**

 **«Авторазмер»** дає змогу будувати розмір, тип якого автоматично визначається системою залежно від того, які об'єкти вказані для поставлення розміру;

 **«Линейный размер»** має розширену панель команд де відповідно до зображення  – **«Линейный размер»**, **«Линейный от общей базы»**, **«Линейный цепной»**, **«Линейный с общей размерной линией»**, **«Линейный с обрывом»**, **«Линейный от отрезка до точки»**;

 **«Диаметральный размер»** – проставляє розмір діаметрів;

 **«Радиальный размер»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – **«Радиальный размер»**, **«Радиальный с изломом»**;

 **«Угловой размер»** має розширену панель команд де відповідно до зображення  – **«Угловой размер»**, **«Угловой от общей базы»**, **«Угловой цепной»**, **«Угловой с общей размерной линией»**, **«Угловой с обрывом»**;


 **«Размер высоты»** – проставляє розмір висоти об'єкта.


#### 11.4.3 Інструментальна панель **«Обозначения»**

Дає можливість звернутися до кнопок команд, що дозволяють проставити технологічні позначення (рис. 11.8).


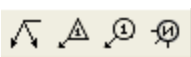



Рисунок 11.8 – Інструментальна панель **«Обозначение»**

 **«Ввод текста»** – дає можливість введення будь-якого тексту і позначення на кресленні;


 **«Шероховатость»** – дає можливість навести на кресленні потрібний вигляд шорсткості;


 **«База»** – проставляє базу обробки;


 **«Линия выноска»** має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – **«Линия выноска»**, **«Знак клеймения»**, **«Знак маркировки»**, **«Знак изменения»**;


 **«Обозначение позиций»** – дає можливість проставити позиції деталей і їх найменування на кресленні;

 **«Допуск формы»** – дає змогу створити позначення допуску форми та розташування поверхні;

 **«Линия разреза»** – дає змогу створити лінії розрізу чи переріз;

 **«Стрелка взгляда»** – дає змогу побудувати стрілку, яка вказує напрям погляду;

 **«Выносной элемент»** – проставляє позначення виносного елемента на деталі;

 **«Обозначение центра»** – проставляє автоматично центральні осі об'єкта.

#### 11.4.4 Інструментальна панель «*Редактирование*»

Має кнопки виклику команд, що дають змогу редагувати елементи креслення (рис. 11.9).

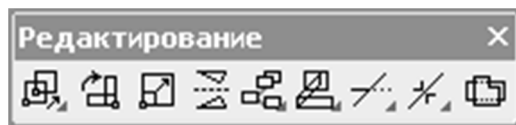

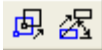





Рисунок 11.9 – Інструментальна панель «*Редактирование*»



 «*Сдвиг*» має розширену панель команд де відповідно до зображення  – «*Сдвиг*», «*Сдвиг по углу и расстоянию*»;



 «*Поворот*» – здійснює поворот об'єкта на будь-який кут;


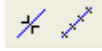
 «*Масштабирование*» – здійснює потрібний масштаб виділеного об'єкта;


 «*Симметрия*» – дає змогу побудувати симетричний об'єкт відносно заданої осі;

 «*Копирование*» має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «*Копирование*», «*Копия по кривой*», «*Копия по окружности*», «*Копия по concentричной сетке*», «*Копия по сетке*»;

 «*Деформация сдвигом*» має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «*Деформация сдвигом*», «*Деформация поворотом*», «*Деформация масштабированием*»;

 «*Усечь кривую*» має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «*Усечь кривую*», «*Усечь кривую 2 точками*», «*Выровнять по границе*», «*Удалить фаску / скругление*»;

 «*Разбить кривую*» має розширену панель команд, де відповідно до зображення  – «*Разбить кривую*», «*Разбить кривую на N частей*»;



 «*Очистить область*» – дає змогу усунути всі об'єкти, що знаходяться усередині чи зовні від заданої межі.


#### 11.4.5 Інструментальна панель «*Параметризация*»


На цій панелі розташовані кнопки виклику команд накладення зв'язків і обмежень на геометричні об'єкти (рис. 11.10).




Рисунок 11.10 – Інструментальна панель «*Параметризация*»


 **«Горизонтальность»** дає змогу перетворювати нахилені відрізки чи допоміжні прямі в горизонтальні відрізки й прямі, має розширену панель команд, в яку входить ще кнопка  – **«Вертикальность»**, яка дає змогу перетворювати нахилені відрізки чи допоміжні прямі у вертикальні відрізки й прямі;


 **«Выровнять точки по горизонтали»** (дає змогу вирівняти за горизонталлю характерні точки геометричних об'єктів) – ця кнопка має розширену панель команд, в яку входять:


 – **«Выровнять точки по вертикале»**, дає змогу вирівняти за вертикаллю характерні точки геометричних об'єктів;


 – **«Объединить точки»**, дає змогу прив'язати одну до одної характерні точки геометричних об'єктів;

 – **«Точки на кривой»**, дає змогу прив'язати характерну точку до кривої;


 – **«Симметрия 2 точек»**, дає змогу встановити симетрію характерних точок об'єктів відносно відрізка (дзеркальна симетрія);



 **«Параллельность»** – дає змогу встановити паралельність вибраних прямих і/чи відрізків, має розширену панель команд, в яку входять:


 – **«Перпендикулярность»**, дає змогу встановити перпендикулярність вибраних прямих і/чи відрізків;


 – **«Коллинеарность»**, дає змогу встановити колінеарність вибраних відрізків чи колінеарність відрізка і прямої чи колінеарність двох прямих;


 **«Касание»** – дає змогу встановити торкання вибраних об'єктів;


 **«Зафиксировать точку»** – дає змогу зафіксувати координати характерних точок, геометричних об'єктів (кінці відрізків, дуг, центри дуг, кола тощо)

 **«Равенство радиусов»** – дає змогу встановити рівні радіуси для вибраних дуг і кіл. Має розширену панель команд, в яку входить кнопка  – **«Равенство длин»**, яка дає змогу визначити рівні довжини для вибраних відрізків;

 **«Зафиксировать размер»** – дає змогу зафіксувати значення вибраного асоціативного лінійного, діаметрального, радіального чи кутового розміру;

 **«Установить значение размера»** – дає змогу змінювати числові значення асоціативних фіксованих чи нефіксованих розмірів і присвоювати цим розмірам імена перемінних. Створена у такий спосіб змінна може приймати участь у рівняннях і нерівностях, що визначають залежність між параметрами зображення;

 **«Параметризировать объекты»** – дає змогу автоматично накласти на виділені об'єкти зв'язки й обмеження;


 **«Показать/удалить ограничения»** – дає змогу продивитися обмеження виділеного об'єкта й усунути будь-які з них.



#### 11.4.6 Інструментальна панель **«Выделение»**



Має кнопки, що дають змогу звернутися до команд виділення графічних об'єктів документа і до команд зняття виділення (рис. 11.11).







Рисунок 11.11 – Інструментальна панель **«Выделение»**



 **«Выделить все»** – дає змогу виділити одразу всі об'єкти, які є в наявному фрагменті чи вигляді активного креслення;

 **«Выделить объект указанием»** – дає змогу виділити окремий об'єкт активного документа. Має розширену панель інструментів у яку входить команда  – **«Исключить объект указанием»**, дає змогу скасувати виділення окремого об'єкта активного документа;



 **«Выделить слой указанием»** – дає змогу виділити об'єкти одного чи декількох шарів у наявному кресленні чи фрагменті. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить слой указанием»**, дає змогу відмінити виділення об'єктів одного чи декількох шарів у наявному кресленні чи фрагменті;



 **«Выделить вид указанием»** – дає змогу виділити один чи декілька виглядів креслення (за допомогою цієї команди вигляди виділяються як єдині об'єкти). Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить вид указанием»**, дає змогу відмінити виділення об'єктів одного чи декілька виглядів креслення;



 **«Выделить рамкой»** – дає змогу виділити об'єкти активного документа за допомогою рамки. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить рамкой»**, дає змогу відмінити виділення об'єктів активного документа за допомогою рамки;



 **«Выделить вне рамки»** – дає змогу виділити об'єкти активного документа, які не попали в задану прямокутну рамку. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить вне рамки»**, дає змогу відмінити виділення об'єктів активного документа, які не попали в задану прямокутну рамку;





 **«Выделить текущей рамкой»** – дає змогу виділити об’єкти активного документа, які попали частково чи повністю в задану прямокутну рамку. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить текущей рамкой»**, дає змогу відмінити виділення об’єктів активного документа, які не попали частково чи повністю в задану прямокутну рамку;

 **«Выделить текущей ломаной»** – дає змогу виділити об’єкти активного документа, перетинаючи їх ломаною лінією. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить текущей ломаной»**, дає змогу відмінити виділення об’єктів активного документа, перетинаючи їх ломаною лінією;

 **«Выделить прежний список»** – дає змогу виділити об’єкти, які виділялись попереднього разу (елементи попереднього списку). Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить прежний список»** – дає змогу виключити з набору виділених об’єктів ті з них, які виділялись у попередній раз;

 **«Выделить по типу»** – дає змогу виділити об’єкти активного документа відповідно до їхнього типу. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить по типу»**, дає змогу відмінити виділення об’єктів активного документа, указуючи їхній тип;

 **«Выделить по стилю кривой»** – дає змогу виділити об’єкти активного документа відповідно до їхнього стилю. Має розширену панель інструментів, у яку входить команда  – **«Исключить по стилю кривой»**, дає змогу відмінити виділення об’єктів активного документа, вказуючи їхній стиль.

**Для виділення об’єктів можна застосовувати клавіші клавіатури <Shift> і <Ctrl>:**

1. Указівка об’єкта при натиснутій клавіші <Shift> дає змогу виділити у вікні моделі компонент, елементом якого є або до складу якого входить вказаний об’єкт. У такий спосіб можна, наприклад, виділити всю деталь, вказавши один з її елементів – грані, ребро або вершину.

2. Іноді для виконання команди потрібне виділення групи об’єктів. Щоб виділити у вікні моделі декілька об’єктів (граней, ескізів, допоміжних елементів тощо), потрібно вибирати їх, утримуючи натиснутою клавішу <Ctrl>.

3. Щоб виділити у вікні моделі декілька деталей, потрібно вибирати їх, утримуючи натиснутою клавішу <Shift>.

**Примітка.** Вибір груп об'єктів і деталей може бути суміщений. Це означає, що можна спочатку виділити, наприклад, декілька об'єктів, утримуючи клавішу <Ctrl>, потім відпустити цю клавішу, натиснути клавішу <Shift> (при цьому виділення з об'єктів не знімається) і, утримуючи її, виділити декілька деталей. У такий спосіб у вікні моделі будуть одночасно виділені група об'єктів і група деталей.

#### 11.4.7 Інструментальна панель «Измерения 2D»

Має кнопки виклику команд, які дозволяють здійснити вимір об'єктів (рис. 11.12).

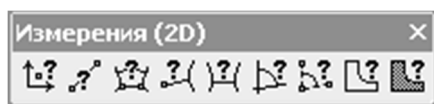







Рисунок 11.12 – Інструментальна панель «Измерения 2D »


 **«Координаты точки»** – дає змогу визначити положення вказаної точки в наявній системі координат;


 **«Расстояние между 2 точками»** – дає змогу визначити відстань між двома точками в наявній системі координат;


 **«Расстояние между 2 точками на кривой»** – дає змогу визначити довжину ділянки кривої, яка обмежена вказаними точками;

 **«Расстояние от кривой до точки»** – дає змогу визначити відстань між кривою та точкою;

 **«Расстояние между 2 кривыми»** – дає змогу визначити відстань між двома вибраними кривими;

 **«Угол между 2 прямыми/отрезками»** – дає змогу виміряти кут між двома прямокутними об'єктами (прямими, відрізками, ланками ломаної тощо);

 **«Угол по 3 точкам»** – дає змогу вимірити кут, вказуючи його три точки;

 **«Длина кривой»** – дає змогу виміряти довжину ребер чи грані деталі;

 **«Площадь»** – дає змогу виміряти площу грані деталі.



## 11.5 Панель властивостей

За замовчанням **Панель властивостей** («**Панель свойств**») розташована в нижній частині екрану над рядком повідомлень. Вона призначена для вводу параметрів команди і процесом їх виконання. Для кожної команди **Панель властивостей** має свої параметри. Поки не викликана команда, вона являє собою пустий прямокутник.

**Панель властивостей** складається із **Панелі спеціального керування** і вкладок з назвами і кнопками виконуваної команди й областю вибору параметрів команди (рис. 11.13).

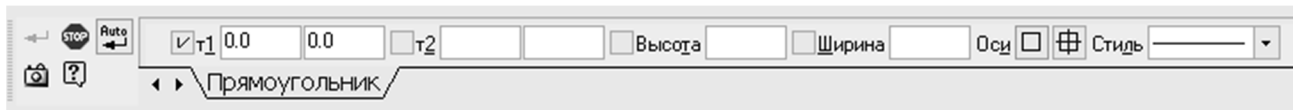





Рисунок 11.13 – Панель властивостей в активному режимі в нижній частині екрану


У лівій частині **Панелі властивостей** є **Панель спеціального керування** із такими кнопками:

 **«Создать объект»** – фіксує створений чи відкоригований об'єкт. За замовчанням вона не активна;

 **«Прервать команду»** – скасовує виконання заданої команди;

 **«Автосоздание объекта»**. За замовчанням вона натиснута. У цьому разі об'єкт створюється після завдання мінімально необхідної кількості параметрів;

 **«Запомнить состояние»** – слугує для збереження стану;

 **«Справка»** – викликає діалогове вікно довідкової системи. Натисніть ЛК миші на кнопку і на екрані з'явиться довідка про задану команду.

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які головні панелі й меню екрану існують у системі КОМПАС?
2. Для чого слугує **Стандартна панель** екрану?
3. Що визначає панель **«Текущее состояние»**?
4. Що являє собою **Компактна панель інструментів**? З яких панелей вона складається?
5. Які функції виконує **Панель властивостей**?

## 12 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ У СИСТЕМІ КОМПАС

### 12.1 Одиниці вимірювання

У редакторі КОМПАС-ГРАФІК використовується стандартна метрична система виміру. За замовчанням одиниця вимірювання довжини – міліметр. Відстані між точками на кресленнях і фрагментах відображають у міліметрах. Розміри лінійних величин теж вводяться в міліметрах. В окремих випадках можна вибирати одиниці вимірювання в сантиметрах, дециметрах і метрах. Кутові розміри вводять у градусах. Лінійні й кутові розміри можна вводити тільки у вигляді десятинних чисел. Ціла частина числа від дрібної відокремлюється символом «точка». Лінійні й кутові величини можуть бути як позитивними, так і негативними. У разі негативної величини перед числом ставиться знак «-».

### 12.2 Способи введення параметрів об'єктів

Після виклику будь-якої команди необхідно задати різні параметри цих об'єктів на **Панелі властивостей**. Для побудови, наприклад, відрізка потрібно задати координати точок: початкової та кінцевої. Кожному параметру відповідає свій елемент (вікно, перемикач тощо), і для різних об'єктів – різні набори параметрів.

Задати значення координат точок можна такими способами:

**Перший спосіб** – задання точок ЛК миші. Із використання цього способу завдання координат точок здійснюється шляхом переміщення курсору і ЛК миші. Його перевагою є можливість використання прив'язань: локальних, глобальних і клавіатурних.

**Другий спосіб** – введення параметрів з клавіатури. При цьому засобі координати точок задають введенням значень параметрів у вікна вводу **Панелі властивостей**. Для введення числового значення в будь-яке вікно **Панелі властивостей** необхідно це вікно активізувати:

- шляхом подвійного клацання миші в цьому вікні;
- за допомогою клавіатурної комбінації. У цьому разі натискається клавіша **<Alt>** і одночасно клавіша, що відповідає підкресленому символу за ім'ям поля, наприклад **<Alt> + <1>**. Далі переміщення до інших вікон **Панелі властивостей** можна здійснювати клавішею **<Tab>**.

**Третій спосіб** – комбіноване введення параметрів.

*Загальні правила введення параметрів:*



- для введення параметрів із клавіатури найдіть ім'я керування полем (**t1**, **t2**, **D** чи **Y**). Воно завжди підкреслено в назві;
- уведення комбінації **<Alt>** і символу для інших полів на **Панелі властивостей** є загальним. У цьому разі символ – це буква, підкреслена в назві;
- для переходу в родинних полях натисніть клавішу **<Tab>**;
- фіксація параметрів і перехід у наступне поле **Панелі властивостей** здійснюється шляхом натиснення клавіші **<Enter>**;
- у разі неправильного набраного значення натисніть клавішу **<Esc>** повторіть уведення.

### 12.3 Головні типи документів у системі КОМПАС

Тип документа, який створюють у системі КОМПАС, залежить від сутності інформації, яка зберігається в цьому документі. Кожному типу документу відповідають певний тип файлу і власна кнопка:

- у режимі створення креслення тип файлу – *cdw*;
- у режимі створення фрагменту тип файлу – *frw*;
- у режимі створення специфікації тип файлу – *spw*;
- у режимі створення текстового документа тип файлу – *kdw*.

### 12.4 Способи створення об'єктів

У системі КОМПАС після виклику більшості команд на панелі спеціального керування Панелі властивостей активна одна з кнопок «**Автосоздание объекта**»  чи «**Создать объект**» .

#### 1. Автоматичне створення об'єктів.

За замовчанням увімкнений режим автоматичного створення об'єктів, тобто кнопка «**Автосоздание объекта**» натиснута;

#### 2. Ручне створення об'єктів.

Натисніть ЛК кнопку «**Автосоздание объекта**» на Панелі властивостей і вимкніть автоматичне створення об'єкта. Для створення об'єкта на кресленні клацніть ЛК миші по кнопці «**Создать объект**» або натиснути сполучення клавіш **<Ctrl> + <Enter>**.

## 12.5 Єдина система конструкторської документації

Режим створення креслення передбачає розроблення двовимірних виглядів деталей, вузлів і збірних одиниць у вигляді креслень відповідно до ДСТ ЄСКД.

Нижче наведено головні з них, на яких базується проектування у системі КОМПАС:

**1. ГОСТ 2.101-68. Виды изделий.** Стандарт дає визначення таким поняттям, як деталь, збірна одиниця, комплекс, комплект.

**2. ГОСТ 2.102-68. Виды и комплектность конструкторских документов.** Стандарт визначає різновиди та комплектність конструкторських документів, до них відносять графічні й текстові. Документи підрозділяють на такі різновиди:

- креслення деталі;
- збірне креслення. Шифр документа ЗК;
- креслення загального вигляду. Шифр документа ВЗ;
- габаритне креслення. Шифр документа ГК;
- монтажне креслення. Шифр документа МК;
- електромонтажне креслення. Шифр документа МЕ;
- специфікація. Шифр документа СП.

**3. ГОСТ 2.103-68. Стадии разработки.** Стандарт визначає стадії розроблення конструкторської документації всіх галузей промисловості й етапи виконання робіт:

- технічне пропонування – на цьому етапі підбирається матеріал для подальшого проектування. Літера: П;
- ескізний проект – розроблення ескізної документації для виготовлення макету за результатами технічного проекту. Літера: Е;
- технічний проект – розроблення технічного проекту за результатами випробувань макету. Літера: Т;
- робоча документація – розроблення конструкторської документації для виготовлення дослідної партії без присвоєння літери. Після виготовлення, випробувань пристрою та корегування документації надається літера: О.

**4. ГОСТ 2.104-68. Основные надписи.** Цей стандарт визначає форми, розміри й порядок заповнення головних надписів форматів документів за ГОСТ 2.301-68. У графічному редакторі КОМПАС-ГРАФІК усі формати закладені в шаблони.

**5. ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам.**

**6. ГОСТ 2.301-68. Форматы.** Усі креслення повинні бути виконані на аркушах стандартного формату: А4 –  $210 \times 297$ ; А3 –  $297 \times 420$ ; А2 –  $594 \times 420$ ; А1 –  $594 \times 841$ .

**7. ГОСТ 2.302-68. Масштабы.** За ДСТ визначений такий ряд масштабів зображень на кресленні:

- натуральна величина;
- масштаби зменшення 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:75; 1:100;
- масштаби збільшення 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 40:1; 50:1; 100:1.

**8. ГОСТ 2.303-68. Линии.** Цей ДСТ визначає типи ліній, їхню товщину і призначення. За вихідний тип прийнята безперервна основна лінія завтовшки  $S = 0,6 \div 1,5$  мм. Вона вибирається залежно від складності зображення та якості друкувального пристрою. Відповідно до товщини основної лінії, вибирають товщину інших ліній за умови, що для кожного типу ліній у межах одного креслення на всіх зображеннях вона буде однаковою. Параметри лінії наведені в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Параметри ліній креслення

Найменування	Товщина лінії відносно товщини основної лінії	Головне призначення
Безперервна тонка	від $S/2$	Лінії розмірні й виносні Лінії штриховки Лінії виносних елементів
Безперервна хвиляста	від $S/3$ до $S/2$	Лінії обриву
Штрихова	від $S/3$ до $S/2$	Лінії невидимого контуру
Штрихпунктирна тонка	від $S/3$ до $S/2$	Лінії осьові й центрові

**9. ГОСТ 2.304-81. Шрифты чертёжные.** Ці шрифти включають російський, латинський і грецький алфавіти, а також арабські й румунські цифри. Стандарт визначає такі розміри шрифту: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Розмір шрифту визначає висоту прописних букв і цифр у міліметрах.

**10. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы, сечения.** Стандарт визначає такі назви головних виглядів, отриманих на головних площинах проекцій:

- вигляд спереду (головний вигляд);
- вигляд зверху;
- вигляд зліва.

Можливе використання ще трьох виглядів:

- вигляд справа;
- вигляд знизу;
- вигляд ззаду.

Зображення на кресленні залежно від їх змісту розділяють на вигляди, розрізи й перерізи.

**11. ГОСТ 2.306-68. Обозначение графических материалов и правила их нанесения на чертежах.** Цей стандарт повністю підтримується системою КОМПАС і визначає позначення різних матеріалів у розрізах і перерізах.

**12. ГОСТ 3.307-68. Нанесение размеров и предельных отклонений.** За стандартом розмірні числа на кресленнях, зазвичай, вказують у міліметрах без одиниць виміру. Розмірні числа наносять над розмірною лінією, приблизно по її центру. Зазор між розмірною лінією та розмірним числом повинен бути принаймні 1 мм. Висота цифр розмірних чисел приймається не менше 3,5 мм. Розмірну лінію проводять паралельно визначеному відрізку між виносними лініями, проведеними перпендикулярно до неї. Допускається підводити розмірні лінії безпосередньо до осьових і центрових ліній видимого контуру. Розмірні лінії обмежують стрілками. Розмір стрілки вибирають залежно від прийнятої на кресленні товщини безперервної основної лінії. Мінімальна відстань між розмірною лінією та лінією контура повинна бути 10 мм, між паралельними розмірними лініями – 7 мм. Кутові розміри на кресленнях проставляють у градусах, хвилинах і секундах із вказівкою одиниць виміру. Розмір куту наносять над розмірною лінією (чи на виносній полиці), яку проводять у вигляді дуги з центром у його вершині. Для спрощення ряду зображень і створення зручного для читання креслення стандарт передбачає використання умовних позначень у вигляді букв латинського алфавіту і графічних знаків, які ставлять перед розмірними числами.

**13. ГОСТ 2.308-79. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.** Стандарт визначає правила вказування допусків форми та розташування поверхонь на кресленні виробів усіх галузей промисловості.

**14. ГОСТ 2.309-73. Обозначения шероховатости поверхностей.** Цей стандарт встановлює позначення шорсткостей поверхонь, правила нанесення їх на креслення і структуру позначення шорсткостей. На сьогодні існує дві редакції цього стандарту: попередня (1973 р.) і нова (2002 р.) зі змінами № 3. Ці редакції повністю підтримуються редактором КОМПАС 3D.

## 12.6 Порядок розроблення креслень деталей

Головні стандарти Єдиної Системи Конструкторської Документації необхідно знати напам'ять і використовувати у процесі розроблення креслень. Розглянемо, з яких дій необхідно починати у процесі побудови креслення деталі.

1. Визначаємо масштаб креслення та формат аркуша.
2. Зазвичай розроблювані деталі симетричні, тому необхідно намітити й провести всі симетрії.
3. Намічаємо контури та розташування зображень за допомогою допоміжних ліній. Це імітує побудову в «тонких лініях» на кульмані.
4. По отриманих відрізках, дугах і точках обводимо основною лінією контури деталі. Допоміжні лінії усуваємо.
5. Коли необхідно, виконуємо інші різновиди (зверху, знизу, по стрільці тощо), розрізи й перетини.
6. Визначаємо конструкторську, технологічну і вимірювальну бази:
  - конструкторська база визначає положення деталі в готовому вигляді. Відносно неї орієнтуються інші деталі;
  - технологічні бази визначають положення деталі під час обробки;
  - вимірювальна база – це база, від якої виконується відраховування розмірів для виготовлення та контролю готової деталі. Схованою вимірювальною базою є вісь обертання.
7. Наносимо розміри – горизонтальні, вертикальні, діаметральні тощо. При цьому кожний розмір вказуємо один раз. Загальна кількість розмірів на кресленні повинно бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю. Необхідно запобігати перетину розмірних і виносних ліній, тому менші розміри ставлять ближче до контура зображення ніж більші розміри. Не допускається повторювати розміри одного елемента на різних зображеннях. Розміри, що належать до одного конструктивного елемента (отвір, паз, виступ тощо), необхідно вказати на одному вигляді.
8. Проставляємо шорсткість поверхонь і, коли необхідно, допуски форми та розташування. Для поставлення допуску форми положення рамки повинне бути вертикальне чи горизонтальне. Виносні лінії у разі необхідності виконуємо зі зламом, а введенням кінцевої точки вибираємо форму закінчення лінії (стрілка чи трикутник).
9. Заповнюємо технічні вимоги за ДСТ. Система КОМПАС надає готовий набір типових технічних вимог.
10. Заповнюємо основний надпис (штамп креслення). Вибір основного надпису здійснюється конструктором.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Як здійснюють введення параметрів об'єкта?
2. Які головні типи документів у системі КОМПАС Ви знаєте? Які розширення вони мають?
3. Які способи створення об'єктів існують?
4. За якими головними ДСТ створюють креслярські документи в системі КОМПАС?



## 13 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ В СИСТЕМІ КОМПАС

### 13.1 Засоби забезпечення точності побудови об'єктів

#### 13.1.1 Дискретне переміщення курсора

Засоби редактора дають змогу задавати параметри з абсолютною точністю та отримувати ідеальну геометрію креслення.

Переміщуючи курсор по графічному екрану в різних напрямках, видно зміни значень його координат  $X$ ,  $Y$  на панелі інструментів «*Текущее состояние*». Курсор можна перемістити в будь-яку точку на екрані, але неможливо здійснити це достатньо точно, оскільки його координати точністю до четвертого знаку після коми.

Курсор можна точно перемістити за допомогою клавіатури. Для цього увімкніть додаткову клавіатуру, натискаючи клавішу «Num Lock», при цьому лампочка індикатора повинна горіти. Переміщують курсор, використовуючи клавіші зі стрілками на додатковій (цифровій) клавіатурі. У таблиці 13.1 розглянуті системні клавіші-прискорювачі та яке переміщення в цьому разі можливе.

Таблиця 13.1 – Клавіатура дискретного переміщення курсора

Клавіатурне сполучення	Переміщення курсора на один шаг
«Ctrl» + «Alt» + «4»	Уздовж осі $X$ вліво (негативне напрямлення)
«Ctrl» + «Alt» + «6»	Уздовж осі $X$ вправо (позитивне напрямлення)
«Ctrl» + «Alt» + «2»	Уздовж осі $Y$ вниз (негативне напрямлення)
«Ctrl» + «Alt» + «8»	Уздовж осі $Y$ вверх (позитивне напрямлення)
«Ctrl» + «Alt» + «1»	По діагоналі між осями $X$ , $Y$ (вліво униз)
«Ctrl» + «Alt» + «3»	По діагоналі між осями $X$ , $Y$ (вправо униз)
«Ctrl» + «Alt» + «7»	По діагоналі між осями $X$ , $Y$ (вліво вверх)
«Ctrl» + «Alt» + «9»	По діагоналі між осями $X$ , $Y$ (вправо вверх)

Для дискретного переміщення курсора (у цьому разі переміщення курсора буде з кроком 5 мм, встановленим за замовчанням) необхідно натиснути клавіатурну комбінацію «Ctrl»+«Alt» і, не відпускаючи, натиснути необхідну клавішу на додатковій клавіатурі з «Num Lock».

Крок курсора можна змінити двома способами.

**Перший спосіб** – у вікні «*Текущий шаг курсора*» панелі інструментів «*Текущее состояние*» натисніть ЛК чорний трикутник. Розкриється список зі значеннями кроків (рис. 13.1).

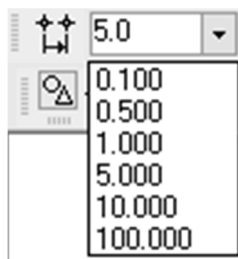


Рисунок 13.1 – Список зі значеннями кроків вікна «*Текущий шаг курсора*»

**Другий спосіб** – у разі встановлення значення, якого немає у списку, подвійним клацанням активізуєте поле у вікні «*Текущий шаг курсора*». При цьому наявне значення виділиться синім кольором. Уведіть за допомогою клавіатури нове значення. Натисніть клавішу «Enter» для фіксації значення.

### 13.1.2 Зміна форми курсору

Натисніть на клавіатурі «Ctrl» + «K» («K» англійської розкладки), форма курсора зміниться на перехрестя, сторони якого безмежні (рис. 13.2). Цю форму курсора доцільно використовувати у разі побудови декількох виглядів однієї деталі, але можна використовувати постійно.

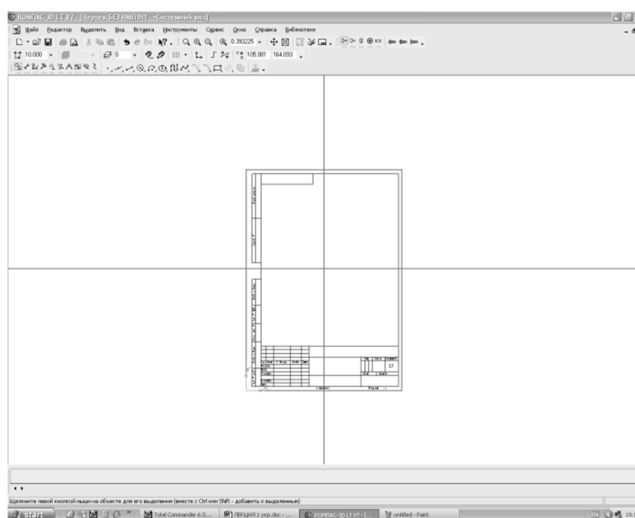


Рисунок 13.2 – Курсор із необмеженими напрямними

### 13.1.3 Встановлення курсора на початок координат

У разі використання локальної системи координат і у разі роботи в режимі фрагментів виникає необхідність швидко й точно встановити курсор на початок координат. Для цього використовується комбінація клавіш «Ctrl» + «0», до того ж клавішу «0» потрібно натискати на додатковій клавіатурі з «Num Lock».

#### 13.1.4 Характерні точки об'єктів

У процесі побудови об'єктів креслення постійно виникає необхідність точно встановлювати курсор у задану характерну точку (вузол) об'єкта, що визначає геометрію об'єкта і його положення на кресленні, наприклад: кінець відрізка, центр кола, точку початку дуги тощо. Ці вузли стають видимими тільки після виконання операції **«Виділити об'єкт»**. Для виділення об'єкта потрібно підвести курсор до об'єкта і клацнути ЛК миші. Об'єкт змінює колір на зелений (за замовчанням), а в характерних точках геометричних об'єктів з'являться чорні квадратики (рис. 13.3).

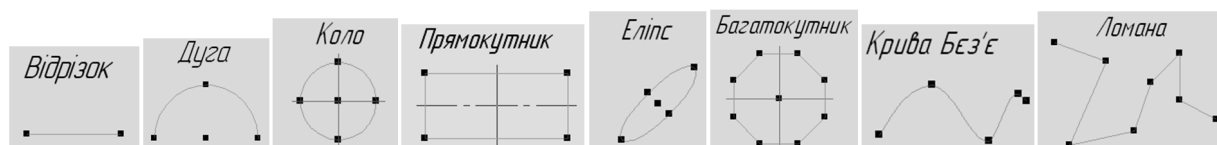


Рисунок 13.3 – Вузли головних геометричних об'єктів

Ці вузли можна використовувати як «руки» для редагування положення геометричних об'єктів:

- викличте команду **«Многоугольник»** і побудуйте багатокутник із будь-якими параметрами;
- виділить побудований об'єкт, тобто підведіть курсор до об'єкта та клацніть ЛК миші. Об'єкт буде зеленого кольору (за замовчанням);
- підведіть курсор до будь-якого вузла і клацніть ЛК. Вузол виділиться також зеленим кольором. Не відпускаючи ЛК, зсувайте мишу у будь-який бік. Зверніть увагу на зміну параметрів багатокутника;
- відпустіть ЛК. Змінений багатокутник зафіксувався;
- при виборі центрального вузла таких об'єктів: дуги, кола, прямокутника, багатокутника, еліпса зсувається весь об'єкт.

#### 13.1.5 Координатна сітка. Прив'язки

У процесі розроблення креслень із регулярною структурою, наприклад плат чи деталей із великою кількістю отворів, зручно використовувати сітку на графічному екрані, яка при друкуванні на формат креслення не виводиться.

Умикання зображення сітки здійснюється за допомогою ЛК по чорному трикутнику біля кнопки **«Сетка»** на панелі інструментів **«Текущее состояние»**. Параметри сітки за будь-яким масштабом збігаються з шагами

сітки по осях  $X$ ,  $Y$ , встановлених при налаштуванні (рис. 13.1). Шаг сітки за замовчанням дорівнює 5 мм.

Будь-які зміни параметрів сітки відбуваються в діалоговому вікні «**Параметры**», яке можна викликати натисненням кнопки «**Сетка**» на панелі інструментів «**Текущее состояние**», а потім із розкритого списку вибрати пункт «**Настроить параметры**» (рис. 13.4).

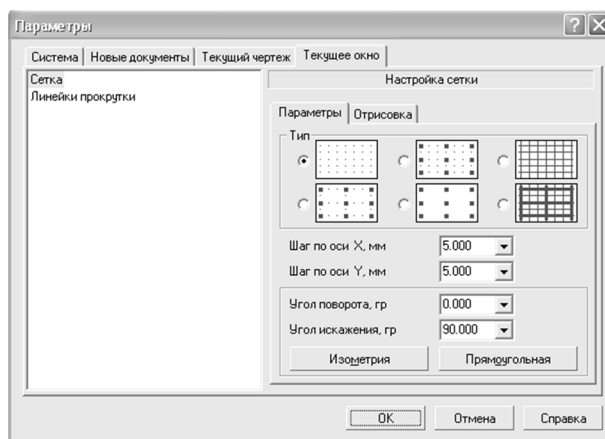


Рисунок 13.4 – Діалогове вікно «**Параметры**»

Практично неможливо точно потрапити курсором у потрібну точку чи вузол сітки. Уникнути цього недоліку можна, використовуючи прив'язки. **Прив'язка** – режим, при якому курсор автоматично «прилипає» до характерних вузлів (сітки, геометричних об'єктів тощо). Після вмикання прив'язок можна виконати мишею точні побудови на кресленні.

Для швидкого вмикання прив'язок у системі КОМПАС є панель інструментів «**Глобальные привязки**» (рис. 13.5). Для її виклику необхідно в меню «**Вид**» знайти рядок «**Панели инструментов**» і поставити прапорець навпроти «**Глобальные привязки**».



Рисунок 13.5 – Панель інструментів «**Глобальные привязки**».

Для вмикання прив'язки необхідно на панелі інструментів «**Глобальные привязки**» натиснути одну з кнопок-команд.

#### 13.1.5.1 Глобальні прив'язки

Особливість цих прив'язок полягає у тому, що за допомогою їх можна вмикати декілька різних прив'язок і вони будуть виконувати свої функції

одночасно. По-друге, глобальні прив'язки діють постійно під час введення та редагування об'єктів. Для вмикання і настроювання глобальних прив'язок викликайте на екран діалогове вікно **«Установка глобальных привязок»**, натиснувши кнопку **«Установка глобальных привязок»** на панелі інструментів **«Текущее состояние»** (рис. 13.6).

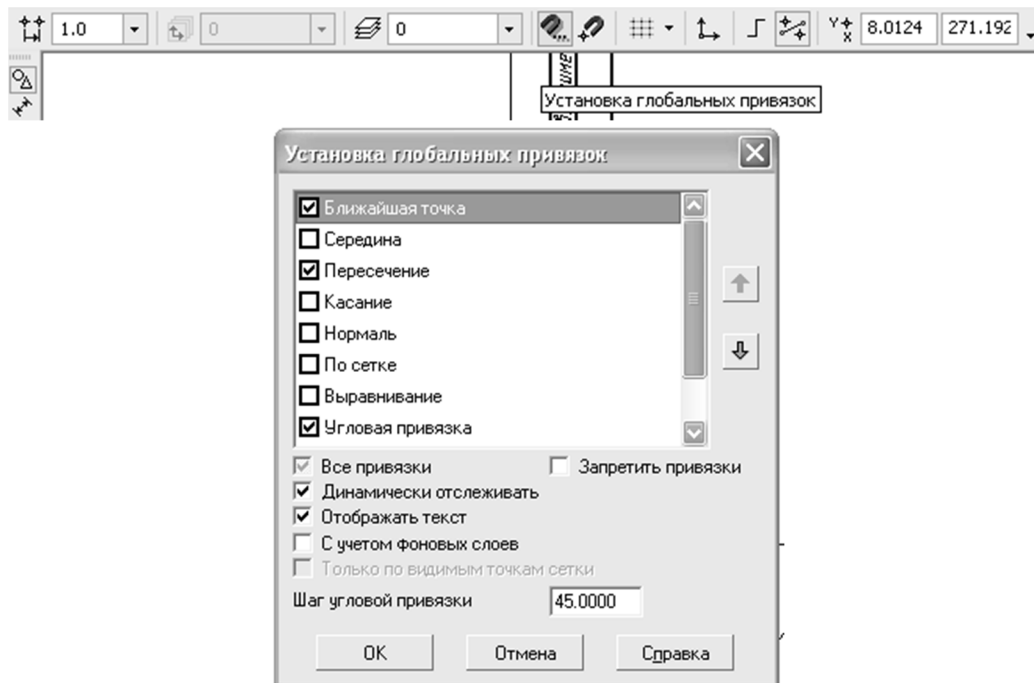




Рисунок. 13.6 – Діалогове вікно **«Установка глобальных привязок»**


Для того щоб встановити необхідну комбінацію глобальних прив'язок, у діалоговому вікні **«Установка глобальных привязок»** поставте чи зніміть прапорці навпроти тих прив'язок, які необхідні в цей момент і натисніть кнопку ОК.


У діалоговому вікні бажано також установити прапорці у вікнах **«Динамически отслеживать»** і **«Отображать текст»**. У цьому разі система буде відстежувати рух курсору миші та притягувати його до найближчих вузлів і точок перетину об'єктів. При цьому поруч із курсором з'являється текст з ім'ям прив'язки, яка діє в цей момент.

Для того щоб відстежувати кути менше 45° (за замовчанням), виділіть у вікні **«Шаг угловой привязки»** це значення та введіть нове.

Зверніть увагу на кнопки  – перемістити вверху чи  – перемістити вниз із правого боку діалогового вікна. Ці кнопки – для налаштування пріоритету прив'язок.

Коли прив'язки не потрібні, їх можна вимкнути такими способами:

– натисненням кнопки **«Запретить привязки»**  на панелі інструментів **«Текущее состояние»**;

– натисненням кнопки «*Запретить привязки*»  на панелі інструментів «*Глобальные привязки*».

### 13.1.5.2 Локальні прив'язки

Локальні прив'язки дають змогу також виконувати прив'язки до вузлів чи точок, але локальні прив'язки порівняно з глобальними виконуються тільки до одної характерної точки, при цьому глобальна прив'язка не відбувається, і після введення точки локальна прив'язка автоматично вимикається. Система повертається до виконання глобальних прив'язок.

*Локальна прив'язка* – це одночасова прив'язка до однієї точки.

Усі локальні прив'язки відображені в меню локальних прив'язок, яке можна викликати на екран двома способами під час виконання будь-якої команди створення, редагування чи виділення об'єкта (рис. 13.7):

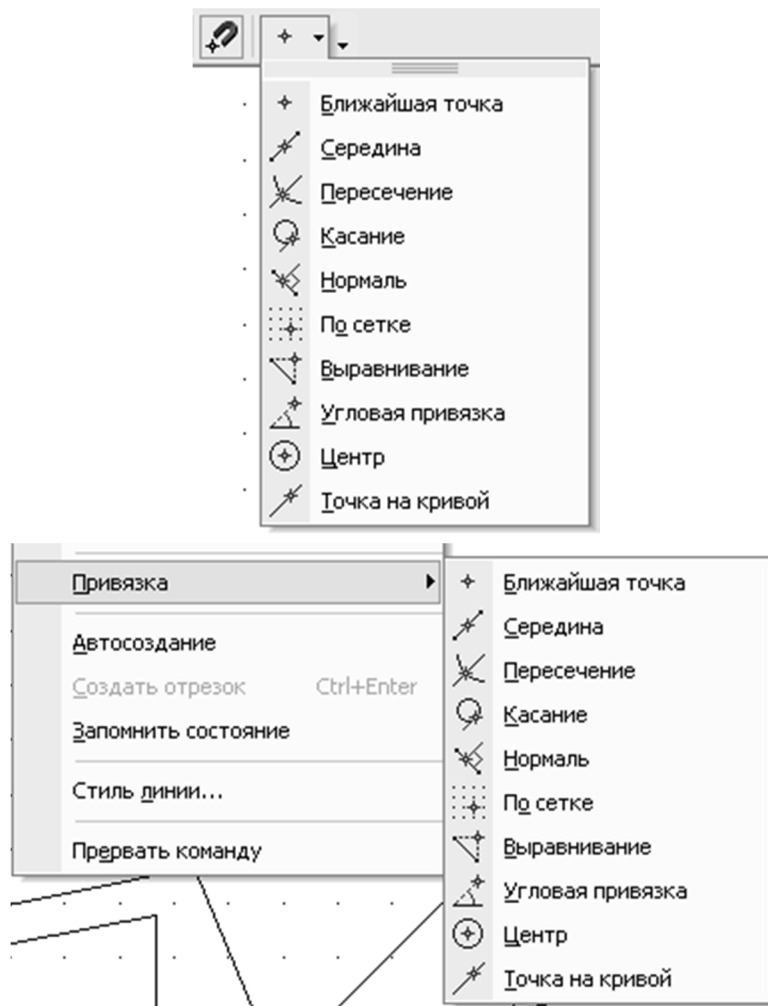


Рисунок 13.7 – Варіанти виклику локальних прив'язок

– натисненням ПрК миші й викликаючи контекстне меню, в якому перемістити курсор на пункт «*Привязки*»;

– з панелі інструментів «*Глобальные привязки*», натиснувши ЛК миші на чорному трикутнику та викликаючи випадне меню.

### 13.1.5.3 Клавіатурні прив'язки

Деякі варіанти прив'язок можна виконати за допомогою комбінації клавіш. Ці комбінації клавіш потрібно натискати тільки на додатковій клавіатурі з увімкнутим режимом роботи «Num Lock». У таблиці 13.2 наведені головні клавіатурні прив'язки.

Таблиця 13.2 – Головні клавіатурні прив'язки

Комбінація клавіш	Опис реакції системи
«Ctrl» + «0»	Установлення курсора в точку (0,0) наявної системи координат
«Ctrl» + «Del»	Установлення курсора по нормалі в найближчу характерну точку (вузол) найближчого елемента
«Ctrl» + «5»	Установлення курсора в найближчу характерну точку (вузол) найближчого елемента
«Shift» + «5»	Установлення курсора в найближчу точку – середину елемента
«Ctrl» + «4» «Ctrl» + «2» «Ctrl» + «6» «Ctrl» + «8»	Установлення курсора в найближчу точку (вузол) найближчого об'єкта за напрямом осей дійсної системи координат

Клавіатурні прив'язки можна використовувати в будь-якому режимі роботи. Використання клавіатурних прив'язок призводить до простого переміщення курсора до характерної точки (вузла). Фіксація точки виконується натисненням клавіші «Enter».

### 13.1.5.4 Геометричний калькулятор

*Геометричний калькулятор* – є не командою, а вбудованою утилітою, засоби геометричного калькулятора дають змогу використовувати параметри наявних об'єктів під час побудови чи редагування інших об'єктів. Наприклад, за допомогою геометричного калькулятора можна побудувати коло з радіусом, що дорівнює довжині відрізка чи відрізок з кутом нахилу, що дорівнює куту між відрізками тощо.

Коли створюють чи редагують будь-який об'єкт, на **Панелі властивостей** зображуються поля для введення значень параметрів об'єкта. Уведення параметрів елемента вручну можна здійснити, набравши їх у

відповідних полях. Але система КОМПАС-3D надає ще інший спосіб введення – безпосереднє зняття значень параметрів з креслення.

Команди геометричного калькулятора доступні з контекстного меню «**Поля ввода**» числового параметра на **Панелі властивостей**, коли в цьому полі не має текстового курсора.

Набір команд геометричного калькулятора залежить від типу введенного параметру. Наприклад, для креслення відрізка, на **Панелі властивостей** доступні поля введення значень координат точок відрізка, його кут нахилу і довжина. Коли встановити курсор на будь-якому з полів і клацнути ПрК миші, на екрані з'явиться меню команд геометричного калькулятора, до того ж набір команд залежить від типу параметра (рис. 13.8).



Рисунок 13.8 – Меню команд геометричного калькулятора залежно від типу параметра:

*а – для початкової точки наявних координат; б – для довжини відрізка; в – для кута нахилу відрізка*

Розглянемо *приклад* користування геометричним калькулятором. Нехай потрібно побудувати коло з радіусом, що дорівнює довжині накресленого вже відрізка. Натискаємо ЛК миші на команду «**Окружність**» на панелі інструментів «**Геометрия**». Унизу з'являється **Панель властивостей** для команди «**Окружність**». Переміщуємо курсор до поля введення значень із назвою «**Радіус**» і натискаємо ПрК миші – з'являється меню геометричного калькулятора. Вибираємо рядок з ім'ям «**Длина кривой**». Курсор перетворюється на курсор-пастку, яким необхідно вказати накреслений відрізок. З'явиться коло, радіус якого дорівнює довжині вказаного відрізка, яке ми будуємо в потрібному місті.




## 13.2 Креслярські вигляди і шари

### 13.2.1 Локальна система координат

У системі КОМПАС використовується декартова система координат. Кожний формат креслення має кнопку системи координат у лівому нижньому куту габаритної рамки. Але може виникнути ситуація, коли під час проектування деталі необхідно відміряти відстань чи кути не від точки (0,0) дійсної системи координат (далі – ДСК), а з будь-якої іншої точки. У цьому разі використовують локальні системи координат (далі – ЛСК). Призначивши ЛСК у потрібних точках розроблюваної деталі, можна використовувати будь-яку з них як дійсну, до того ж цьому усі координати будуть відраховуватися від початкової точки ЛСК.

Створити на кресленні локальну систему координат можна у такий спосіб (рис. 13.9):

– з рядка головного меню викликати команду **«Вставка» > «Локальная СК»**;

– на панелі інструментів **«Текущее состояние»** натиснути кнопку .

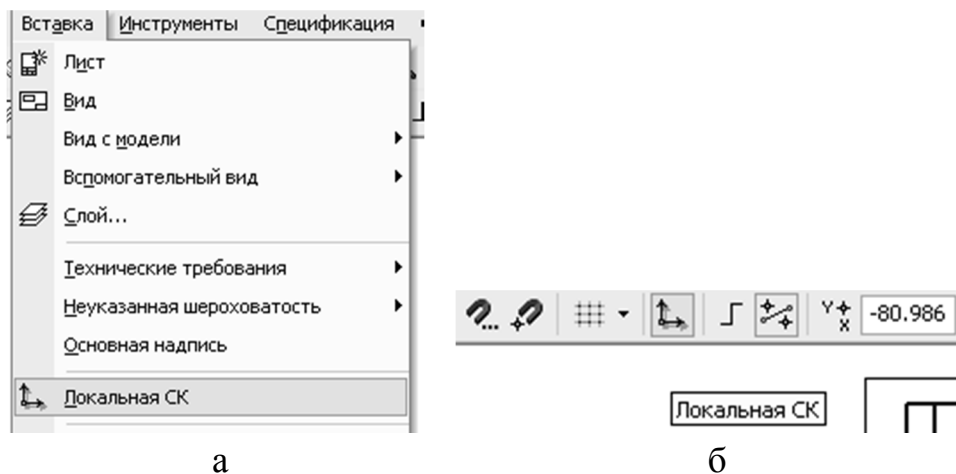


Рисунок 13.9 – Приклади створення на кресленні локальної системи координат:

*а – за допомогою головного меню;*

*б – за допомогою панелі інструментів «Текущее состояние»*

### 13.2.2 Створення креслярських виглядів

У процесі створення нового креслення система КОМПАС-ГРАФІК автоматично створює **Системний вигляд** із номером нуль. Якщо конструктор не створює ніяких інших виглядів, то всі об'єкти створеного

креслення автоматично вміщаються в **Системний вигляд** із номером нуль.

Параметри **Системного вигляду**:

- масштаб 1:1;
- кут повороту 0°;
- колір чорний;
- точка прив'язки співпадає з початком координат аркуша;
- на панелі інструментів «*Текущее состояние*» вікно «*Состояние видов*» не активно.

Параметри **Системного вигляду** змінити неможливо для створення нового вигляду креслення з масштабом, який відрізняється від 1:1, необхідно створити новий додатковий вигляд із потрібним масштабом. *Додатковий вигляд створюється:*

- через неможливість зображення деталі на аркуші заданого формату в масштабі 1:1;
- коли на одному аркуші потрібно помістити декілька виглядів, виконаних у різних масштабах;
- для того щоб показати місце, яке не видно на основному вигляді, і його необхідно збільшити у визначеному масштабі для простановлення розмірів. Це може бути будь-яке окремо взяте ізольоване зображення.

*Переваги можливості створення нових виглядів креслення:*

- креслення розбивається на ряд блоків, які можна викреслювати в різних масштабах без перерахунку розмірів, оскільки множення із заданим коефіцієнтом здійснюється автоматично;
- до виглядів можна використовувати всі команди редагування, що спрощує компонування креслення, особливо при форматі A1;
- у будь-який момент роботи над кресленням можна дозволити/заборонити редагування, а також увімкнути/вимкнути зображення на екрані не потрібних виглядів.

Для створення нового вигляду:

- з рядка меню викличте команду «**Вставка**» ► «**Вид**». Форма курсору зміниться на зображення координатних осей. На Панелі властивостей змінилися елементи керування (рис. 13.10);

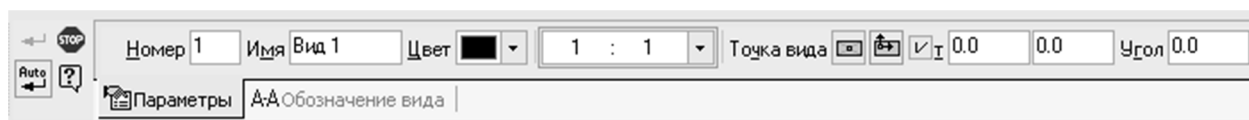


Рисунок 13.10 – Панель властивостей у режимі створення нового вигляду

- налаштуйте параметри вигляду за допомогою елементів керування на вкладці «**Настройка**» на **Панелі властивостей** за допомогою таблиці 13.3.

Таблиця 13.3 – Описання налаштувань параметрів **вигляду** на **Панелі властивостей**

Елемент керування	Описання виконуваної налаштувань
« <b>Номер</b> »	Поле з порядковим номером вигляду 1 і далі по порядку
« <b>Имя</b> »	Поле, яке має ім'я вигляду і відображає на панелі « <i>Текущее состояние</i> » в полі « <i>Текущий вид</i> » Необов'язковий параметр.
« <b>Цвет</b> »	Розкритий список вибору кольору зображення вигляду в активному стані
« <b>Масштаб вида</b> »	Розкритий список, що дає змогу вибирати масштаб вигляду
« <b>Точка вида</b> »	Група перемикачем, що дає змогу вибрати положення базової точки вигляду
« <b>Угол</b> »	Поле кута повороту навколо базової точки з координатами (0,0)

- у полі «**Вид**» введіть ім'я вигляду;
- у полі «**Масштаб**» із розкритого списку задайте масштаб;
- активізуйте один з перемикачів групи «**Точка вида**»;
- задайте точку прив'язки. У вказаній точці з'явиться системний символ початку координат. Тепер усі абсолютні координати будуть відраховуватись від цієї точки. Вигляд із номером 1 з'явиться в дійсному вікні «*Состояние видов*» на панелі інструментів «*Текущее состояние*». Для перевірки натисніть на чорний трикутник у вікні. Відкриється список із двох виглядів: створений вигляд 1 і системний з номером 0.

### 13.2.3 Стан виглядів

Вигляд креслення може бути в одному з чотирьох станів:

- *дійсний вигляд* – тільки один на кресленні, і в ньому можна виконувати будь-які операції введення, редагування та усунення. Усі створювані елементи зберігаються тільки в дійсному вигляді й відрисовуються встановленим кольором за замовчанням (синім);
- *фоновий вигляд* – може бути декілька й відображаються вони на екрані пункирними лініями. У фонових виглядах доступні тільки операції прив'язки до точок, вміст вигляду не доступний для редагування;
- *погашений вигляд* – вигляди, що відображаються на кресленні габаритними рамками, сам вміст рамок не показується;
- *активний вигляд* – активними можуть бути декілька виглядів. Їхні елементи доступні для операцій редагування та усунення. Елементи активних виглядів зображаються на кресленні одним кольором (чорним), встановленим за замовчанням.

Для зміни стану виглядів потрібно викликати діалогове вікно **«Менеджер документа»** (рис. 13.11).

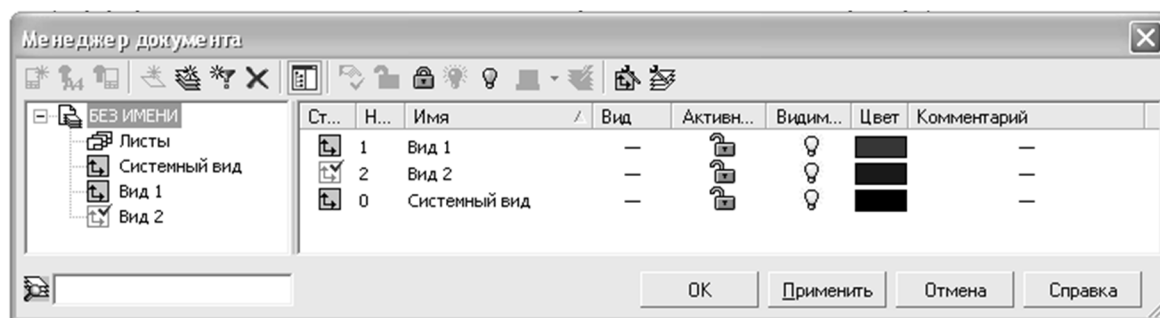



Рисунок 13.11 – Діалогове вікно **«Менеджер документа»**

Викликати діалогове вікно можна двома способами:

- з рядка головного меню викликають команду **«Сервис» ➤ «Состояние видов»**;
- клацнувши ЛК по кнопці **«Состояние видов»**  на панелі інструментів **«Текущее состояние»**.

На екрані з'явиться діалогове вікно **«Менеджер документа»**. Це вікно універсальне. За його допомогою можна працювати з об'єктами, які становлять структуру документа: вигляди, шари і аркуші.

Діалогове вікно **«Менеджер документа»** складається з **Панелі інструментів**, яка міститься у верхній частині вікна нижче назви вікна (табл. 13.4) і дерева аркушів, виглядів і шарів, яке розташовано в лівій частині вікна і показує структуру дійсного креслення (табл. 13.5). У правій частині екрана міститься перелік об'єктів, що підпорядковуються дійсному елементу дерева: аркушів, виглядів і шарів. Вони виконані у формі таблиці, де значення властивостей **Статус**, **Активність**, **Видимість** відображаються у вигляді кнопок.

Таблиця 13.4 – Описання налаштувань елементів керування **Панелі властивостей** діалогового вікна **«Менеджер документа»**

Елемент керування	Описання виконуваного налаштування
1	2
<b>«Создать лист»</b>	Дає змогу у тому самому файлі креслення створити новий аркуш креслення. Доступно, коли дійсним у дереві аркуша є об'єкт <b>«Лист»</b>
<b>«Формат»</b>	Дає змогу задати формат дійсного креслення
<b>«Оформление»</b>	Дає змогу задати оформлення дійсного креслення
<b>«Создать слой»</b>	Дає змогу створити новий Шар
<b>«Создать группу слоев»</b>	Дає змогу створити групу Шарів
<b>«Создать фильтр»</b>	Дає змогу створити фільтр Шарів
<b>«Удалить»</b>	Усуває виділений об'єкт

Продовження таблиці 13.4

1	2
«Дерево листов, видов и слоев»	Керує зображенням (вмикає/вимикає) дерева
«Сделать текущим»	Дає змогу присвоїти виділеному вигляду чи шару статус <b>«Текущий»</b>
«Активный»	Дає змогу виділені вигляди і шари зробити активними
«Фоновый»	Дає змогу зробити шар чи вигляд фоновим
«Видимый»	Дає змогу зробити шар чи вигляд видимим
«Погашенный»	Дає змогу зробити шар чи вигляд невидимим
«Цвет»	Дає змогу задати колір вигляду чи шару
«Включить всё»	Дає змогу увімкнути всі вигляди і шари креслення
«Настройка видов»	Дає змогу настроїти параметри виглядів у діалоговому вікні <b>«Параметры»</b>
«Настройка слоев»	Дає змогу настроїти параметри шарів у діалоговому вікні <b>«Параметры»</b>

Таблиця 13.5 – Описання об’єктів дерева діалогового вікна **«Менеджер документа»**

Об’єкти дерева аркушів, виглядів і шарів	Описання елемента
<b>«Корневой элемент Дерева»</b>	Дійсний документ з ім’ям файлу. За замовченням <b>«БЕЗ ИМЕНИ»</b> . Йому підпорядковуються вхідні до нього аркуші й вигляди
<b>«Листы»</b>	Дає змогу подивитись список аркушів у цьому файлі
<b>««Пустой вид»</b>	Показує наявність у ньому об’єктів
<b>«Вид, содержащий объекты»</b>	вигляд 1

#### 13.2.4 Креслярські шари


Для ефективного розроблення складних креслень із великою щільністю інформації в КОМПАСі передбачено використання креслярських шарів. Кожний шар є ніби прозорою плівкою, що накладаються на білий аркуш креслення. Усі креслення здійснюються у цих шарах. Накладаючи шари один на один, отримується кінцеве креслення. У процесі роботи із шарами у конструктора з’являється можливість групувати однотипні об’єкти. Наприклад, такі об’єкти, як допоміжні лінії, тексти, розміри, виноски, розташувати в окремих шарах. Пошарову техніку розроблення креслення можна застосовувати у тих випадках, коли необхідно виконати деталізацію чи отримати зображення окремих деталей.

Кількість шарів може досягати 255, але всі вони можуть належати тільки певному вигляду. У разі відкриття нового аркуша креслення чи нового вигляду автоматично формується новий шар (за замовчанням системний) із номером 0, в якому можна відразу починати роботу. Робота із шарами аналогічна до роботи з виглядами, за одним винятком: шар не підлягає масштабуванню. Шар, як і вигляд може знаходитися в одному з наступних станів: дійсний, активний, фоновий і погашений.

Використання шарів має такі переваги:

- 1) можна групувати на окремих шарах різні елементи креслення;
- 2) на кожному шарі можна визначити свої параметри креслення (тип, колір), а також креслити різними типами ліній;
- 3) можна за своїм бажанням, вимкнувши потрібний шар вивести у друк змінене креслення;
- 4) вмикаючи та вимикаючи потрібні шари, можна змінювати кінцевий вигляд креслення.

Для створення нового шару чи редагування вже наявного можна застосувати два способи:

- з рядка головного меню викличте команду **«Сервис»** ➤ **«Слои»**;
- натисніть ЛК миші кнопку  на панелі **«Текущее состояние»**.

Система виведе на екран діалогове вікно **«Менеджер документа»** (рис. 13.12). У вікні початково є тільки системний шар, і на панелі інструментів активна кнопка **«Создать слой»**.

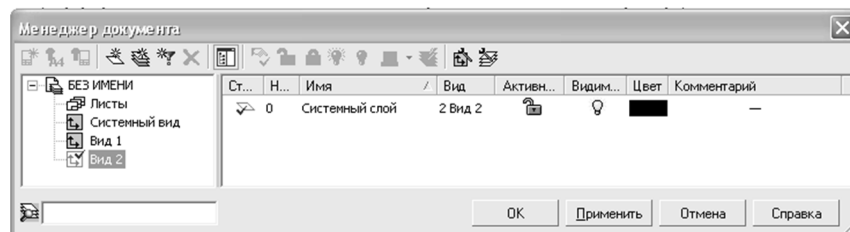


Рисунок 13.12 – Діалогове вікно **«Менеджер документа»** із Системним шаром


Далі необхідно натиснути кнопку на панелі інструментів **«Создать слой»** – . З'явиться рядок із новим шаром, в якому можна задати назву шару, його стан (дійсний, активний, фоновий тощо), колір.



Рисунок 13.13 – Рядок створеного шару в діалоговому вікні **«Менеджер документа»**

Для того, щоб задати необхідні шари вже у створеному кресленні, необхідно:

- створити потрібну кількість шарів для цього вигляду, як наведено вище;
- на панелі інструментів **«Текущее состояние»** у вікнах **«Состояние видов»** і **«Состояние слоев»** повинно бути **0** (системний);
- за допомогою ЛК миші та <Shift> виділіть необхідні об’єкти, для яких потрібно задати інший шар цього вигляду креслення;
- натисніть ПрК і викличте контекстне меню (рис. 13.14), і виберіть команду **«Изменить слой...»**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Выберите слой»**;

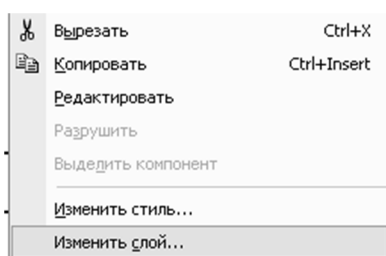


Рисунок 13.14 – Контекстне меню при виділенні об’єктів

- у діалоговому вікні виділіть потрібний шар і натисніть кнопку ОК. Діалогове вікно закриється;

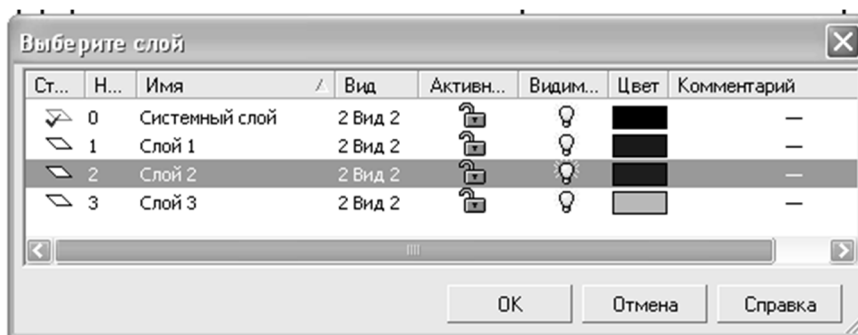


Рисунок 13.15 – Діалогове вікно **«Выберите слой»**

- клацніть ЛК миші та зніміть виділення. Розмірні лінії змінили свій колір на колір, що заданий у шарі.

Для зміни властивостей шару:

- на панелі інструментів **«Текущее состояние»** натисніть ЛК на кнопку **«Создать слой»**. Після цього з’явиться діалогове вікно **«Менеджер документа»**, у правій частині якого виділіть потрібний шар;
- на панелі інструментів натисніть потрібну кнопку-команду, наприклад кнопку **«Погашенный»**;
- натисніть кнопку **ОК**. Діалогове вікно закриється.

### 13.2.5 Дерево побудови

**Дерево побудови** є центром виконання команд у системі 3D, але його можна застосувати і під час розроблення креслення з великою кількістю Виглядів. Для виклику **Дерева побудови** виконайте таке:

– у Рядку головного меню клацніть ЛК миші по пункту **«Вид»** ► **«Дерево построения»**. У лівій частині екрану з’явиться **Дерево побудови** (рис. 13.16);

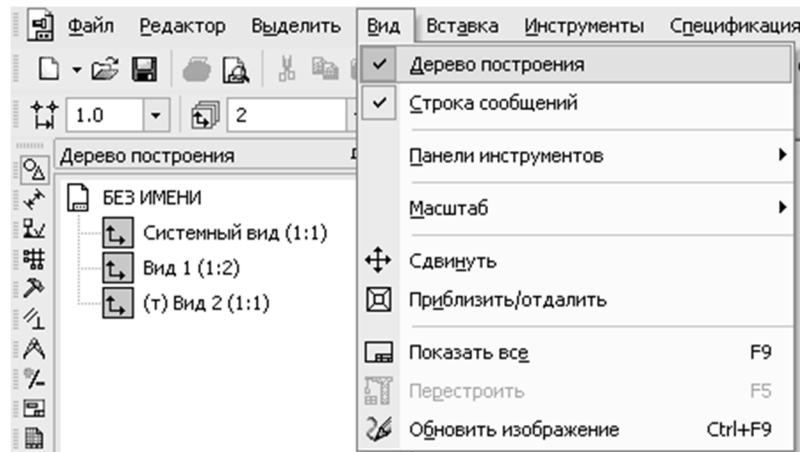


Рисунок 13.16 – **Дерево побудови** в кресленні

– у **Дереві побудови** клацніть ЛК миші по потрібному значку одного з Виглядів. На кресленні цей вигляд виділиться зеленою рамкою;

– клацніть ПрК миші по будь-якому значку **Вид**. З’явиться контекстне меню (рис. 13.17), за допомогою якого можна змінювати параметри Вигляду, масштаб Вигляду, його видимість і можна його усунути.

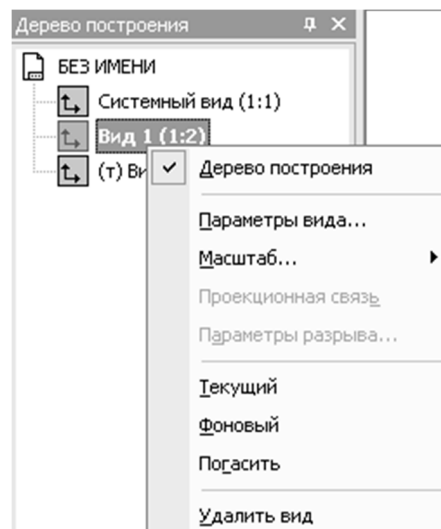


Рисунок 13.17 – Контекстне меню виділеного Вигляду




Для виділення вигляду чи шару можна також використовувати команди з рядку **Головного меню**. Для цього викличте команду **«Выделить»** ➤ **«Вид»** ➤ **«Слой»** ➤ **«Указанием»** (чи **«Выбором»**). У разі вибору пункту **«Указанием»** з'являється курсор-пастка, яким ЛК вказують потрібний вигляд (шар), а у разі вибору пункту меню **«Выбором»** з'являється діалогове вікно **«Выберите один или несколько видов (слоев)»**, де виділяють потрібний вигляд і натискають кнопку **ОК**.

### 13.3 Вимірювання на кресленні й розрахунок МЦХ


Під час розроблення креслення досить зазвичай доводиться вимірювати відстані чи кути між побудованими елементами креслення, довжину елемента, його площу, а також масоцентровочні характеристики розроблених деталей. Система КОМПАС-ГРАФІК дає змогу легко й зручно обчислити ці характеристики за допомогою панелі інструментів **«Измерение (2D)»** на **Компактній панелі інструментів** чи за допомогою ідентичних команд головного меню **«Сервис»** ➤ **«Измерить»** [4].

Докладніше кнопки-команди панелі інструментів **«Измерение (2D)»** розглянуті в розділі 11.

#### 13.3.1 Розрахунок МЦХ плоских фігур

 **«Расчет МЦХ плоских фигур»** – розраховує масоцентровочні характеристики плоских фігур.

Для розрахунку МЦХ необхідно виконати таке:

- клацнути ЛК миші по кнопці **«Расчет МЦХ плоских фигур»**. На екрані з'явиться вікно **«Информация»**;
- для зручності вікно можна зсунути у будь-яку сторону;
- натисніть кнопку **«Ручное формирование границ»** – , на **Панелі властивостей** внизу екрану;
- вказуванням точок сформуєте тимчасову ломану лінію необхідного для розрахунку контура;
- натисніть кнопку **«Создать объект»**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Свойства объекта»**. У цьому вікні необхідно вказати **«Тело»** чи **«Отверстие»**, що обмежує цей контур. Натисніть кнопку **ОК**. На кресленні система вкаже червоною пунктирною лінією вимірюваний контур, а у вікні **«Информация»** – обчислені дані МЦХ (рис. 13.18)

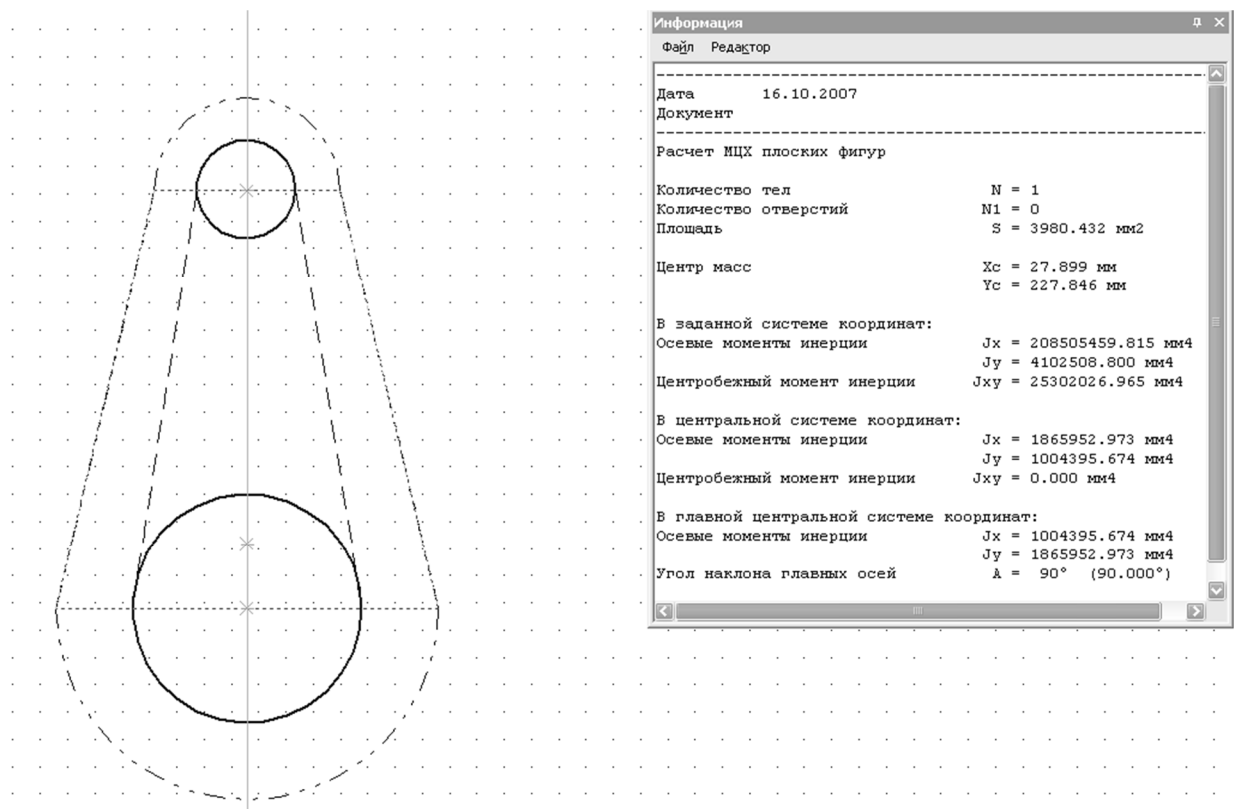


Рисунок 13.18 – Вікно «*Информация*» з результатами вимірювання МЦХ

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які операції можна здійснити для керування курсором у створеному кресленні?
2. Що таке характерні точки? Для чого вони існують на об'єкті?
3. Як побудувати точно об'єкт креслення?
4. Що таке прив'язка? Які різновиди прив'язок Ви знаєте?
5. Як можна створити додатково вигляд на кресленні?
6. Що таке креслярські шари? Як їх створюють?
7. Де знаходиться «*Дерево построения*», для чого воно потрібне?

## 14 ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ ВИВЕДЕННЯ У ДРУК ДОКУМЕНТА

### 14.1 Зміна структури документа креслення

Раніше було показане створення креслення тільки на одному аркуші вибраного формату. Для створення корпусних деталей, збірних креслень допускається зображення виглядів, розрізів і перетинів на декількох аркушах.

Для зміни структури креслення (створення інших аркушів) в системі КОМПАС застосовують діалогове вікно *«Менеджер документа»*, для цього виконайте таке:

1) з рядка **Головного меню** викликайте команду *«Сервис»* ► *«Менеджер документа»*. Система виведе на екран діалогове вікно *«Менеджер документа»* (рис. 14.1);

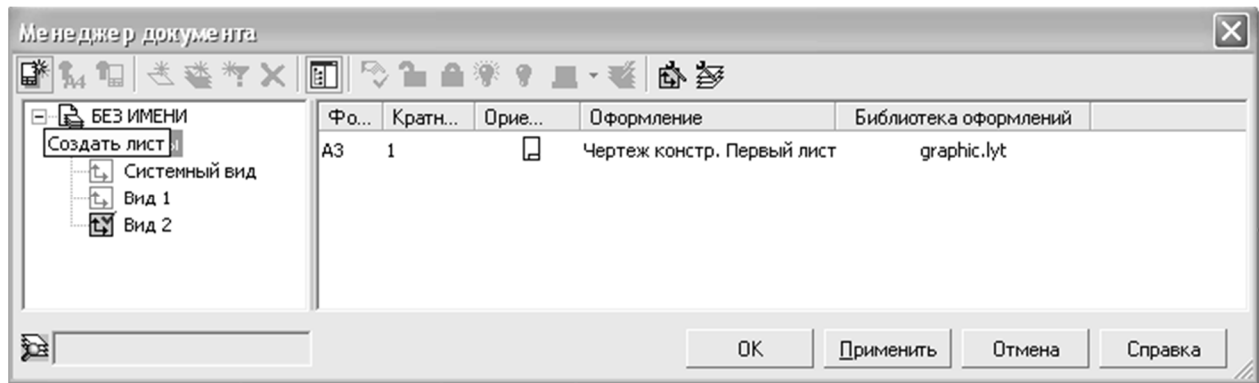


Рисунок 14.1 – Діалогове вікно *«Менеджер документа»* у режимі створення аркушів

2) клацніть ЛК по кнопці *«Создать лист»*. У правому вікні з'явиться рядок зі створюваним наступним аркушем формату А4. Для зміни формату, кратності й орієнтації аркуша виконайте такі дії:

– у стовпці *«Формат»* натисніть чорний трикутник. З'явиться меню зі списком форматів. Виберіть потрібний формат клацанням ЛК миші. Меню закриється та вибраний формат з'явиться у вікні;

– аналогічно змінюється кратність креслення;

– для зміни орієнтації клацніть ЛК по значку в стовпці *«Ориентация»*;

3) натисніть кнопку **ОК**. Вікно закриється, і поруч із основним форматом з'явиться другий аркуш. Зсуньте його за допомогою смуги прокрутки, тоді можна створювати зображення на другому аркуші креслення;

4) для збереження створеного другого аркуша натисніть на панелі інструментів «*Стандартная*» кнопку «*Сохранить*», і другий аркуш буде збережений у тому самому файлі креслення.

## 14.2 Налаштування параметрів креслення

Головні налаштування робочих параметрів креслення було розглянуто в розділі 10.3. Інші потрібні налаштування здійснюють аналогічно до описаних вище.

## 14.3 Уведення знака невказаної шорсткості

Знак невказаної шорсткості завжди повинний бути у правому верхньому куту формату. Під час роботи в графічному редакторі можливе автоматичне формування та розміщення знака відповідно до вибраної редакції.

Для проставлення знака невказаної шорсткості на кресленні виконайте таке:

– з рядка **Головного меню** викликати команду «*Вставка*» ➤ «*Неуказанная шероховатость*» ➤ «*Ввод*». Система виведе на екран діалогове вікно «*Знак неуказанной шероховатости*» (рис. 14.2). Його елементи керування розглянуті в таблиці 14.1;

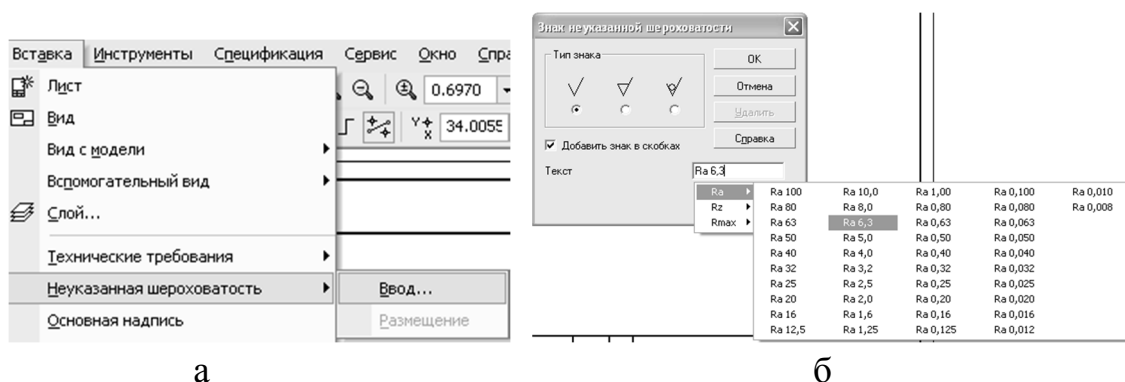


Рисунок 14.2 – Простановлення знака невказаної шорсткості на кресленні:  
а – приклад виклику діалогового вікна «*Знак неуказанной шероховатости*»;  
б – діалогове вікно «*Знак неуказанной шероховатости*» з розкритим його меню

– поставте прапорець у вікні «*Добавьте знак в скобках*»;  
– клацніть ЛК двічі в полі «*Текст*». З меню, що з'явиться, виберіть шорсткість;

– натисніть кнопку **ОК**. Система автоматично виведе в правий кут невказану шорсткість відповідно до налаштування параметрів тексту за замовченням.

Налаштування параметрів тексту невказаної шорсткості здійснюється в діалоговому вікні **«Параметры»** для дійсного текстового документа та розповсюджується тільки на креслення, які створені після її виконання, тобто після виходу з діалогового вікна підрисовування тексту невказаної шорсткості зміниться відповідно до виконаного налаштування (рис. 14.3).

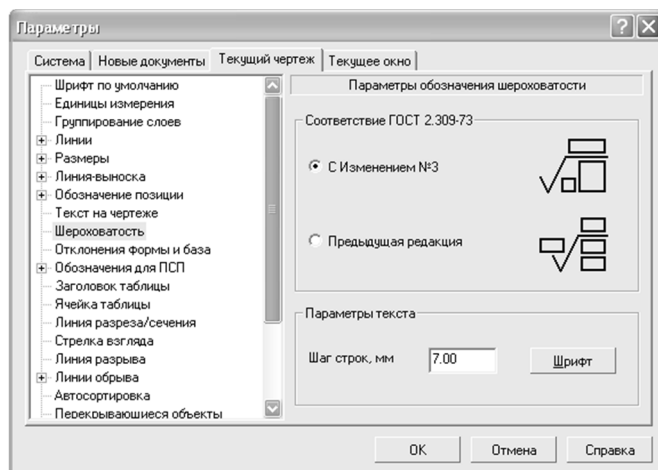


Рисунок 14.3 – Діалогове вікно **«Параметры»** з розкритим пунктом **«Шероховатость»**

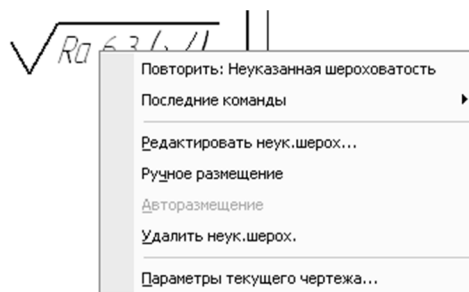


Рисунок 14.4 – Контекстне меню знака невказаної шорсткості

Редагування та усунення знака невказаної шорсткості здійснюється в діалоговому вікні **«Знак неуказанной шероховатости»**. Виклик вікна можна здійснити трьома способами:

- з рядка головного меню викликати команду **«Вставка»** ➤ **«Неуказанная шероховатость»** ➤ **«Ввод»**;
- подвійним клацанням ЛК миші по знаку;
- з контекстного меню. Підведіть курсор до знака невказаної шорсткості й натисніть ПК миші. З'явиться контекстне меню (рис. 14.4), де потрібно вибрати пункт **«Редактировать неук. шерох...»** чи **«Удалить неук. шерох...»**.

## 14.4 Уведення технічних вимог креслення

У процесі розроблення креслення технічні вимоги є практично його невід'ємною частиною та доповнюють його графічну частину. У технічні вимоги записують: невказані допуски на розміри, засоби виготовлення (наприклад із частин), технологічні вимоги, антикорозійні покриття, для збірних креслень засоби складання відповідно до думки конструктора тощо.

Система КОМПАС-ГРАФІК володіє спеціальними засобами, які полегшують введення технічних вимог, так і розміщення в полі креслення.

Для введення *технічних вимог* із рядка **Головного меню** викличте команду **«Вставка»** ➤ **«Технические требования»** ➤ **«Ввод»**. Система перейде у режим введення технічних вимог у текстовому редакторі (рис. 14.5).

У верхньому рядку Головного вікна з'явиться назва **«Технические требования»**. У процесі роботи в цьому режимі файл має розширення \*.cdw, а в заголовку ім'я креслення і стрілку вправо з указуванням **«Технические требования»**.

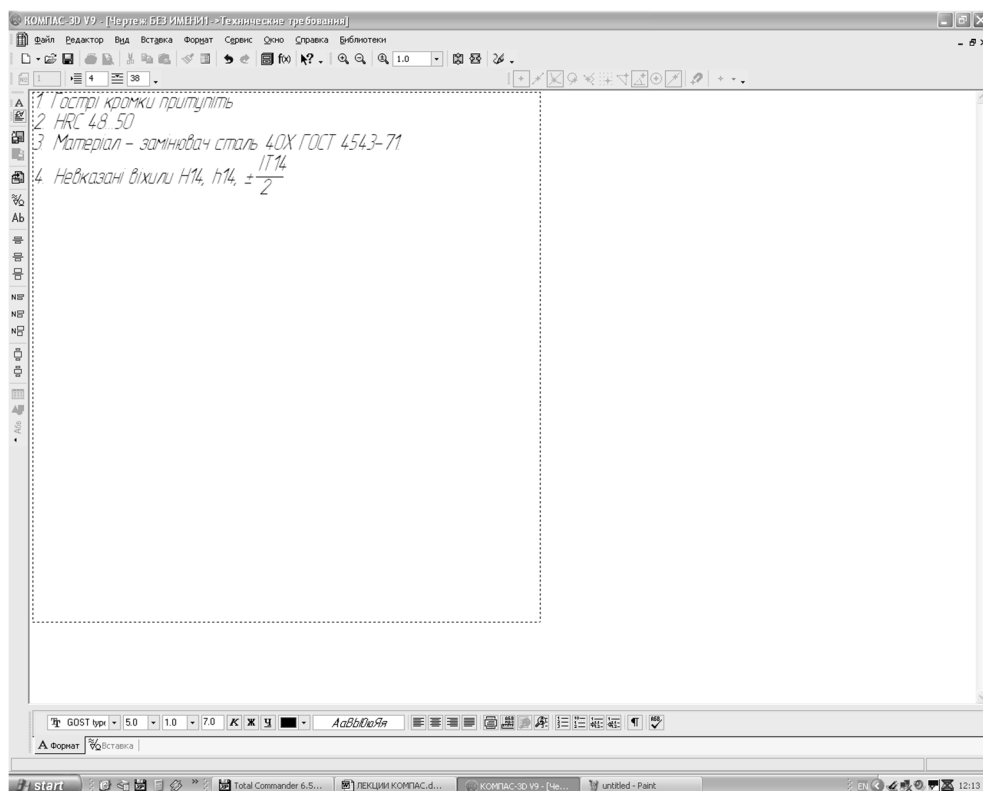



Рисунок 14.5 – Головне вікно системи в режимі введення технічних вимог


У цьому режимі змінився і склад деяких панелей інструментів. На **Панелі властивостей** доступні всі засоби введення та редагування тексту (рис. 14.6).




Рисунок 14.6 – Панель властивостей у режимі введення технічних вимог

На панелі інструментів «**Вид**» з'явилися нові кнопки:

 «**Масштаб по высоте**» дає змогу змінити масштаб зображення дійсного текстового документа, технічних вимог так, щоб зображення повністю вміщувалося у вікні по висоті;

 «**Масштаб по ширине**» дає змогу змінити масштаб зображення так, щоб воно повністю вміщувалося по горизонтальному розміру аркуша.

Панель інструментів «**Текущее состояние**» наведена у вигляді рядка з новими кнопками:

 «**Номер текущей страницы**» документа відображає порядковий номер сторінки (коли їх декілька). Для переміщення на іншу сторінку наберіть її номер і натисніть клавішу «Enter». За замовчанням кнопка не активна. Активною вона становиться з другої сторінки;

 «**Номер текущей строки**» відображає номер рядку;

 «**Текущая позиция курсора в строке**» відображає позицію від початку рядка того символу, де знаходиться курсор.

На **Компактній панелі** за замовчанням активна панель «**Вставка в текст**» (рис. 14.7, а). Натиснувши на кнопку-перемикач «**Формирование**», розкриється панель у другій частині **Компактної панелі** (рис. 14.7, б).



а



б

Рисунок 14.7 – **Компактна панель** у режимі введення технічних вимог:


а – з відкритою панеллю «**Вставка в текст**»;

б – з відкритою панеллю «**Формирование**»

Для введення тексту вимог в пункт 1 введіть текст із клавіатури, не турбуючись про довжину рядків і їхню кількість. Габаритна пунктирна рамка показує максимальну довжину рядка і розмір першої сторінки технічних

вимог. Коли введений рядок не вміщується в габаритну рамку тексту, то система автоматично переносить слово на новий рядок. Клавiша *«Enter»* натискається тільки в кінці абзацу, нумерація вимог збільшується.

*Введення технічних вимог* можливо з *текстових шаблонів*, для цього виконайте таке:

– натисніть ЛК кнопку **«Вставить текстовый шаблон»**  на **Компактній панелі**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Текстовые шаблоны»** (рис. 14.8);

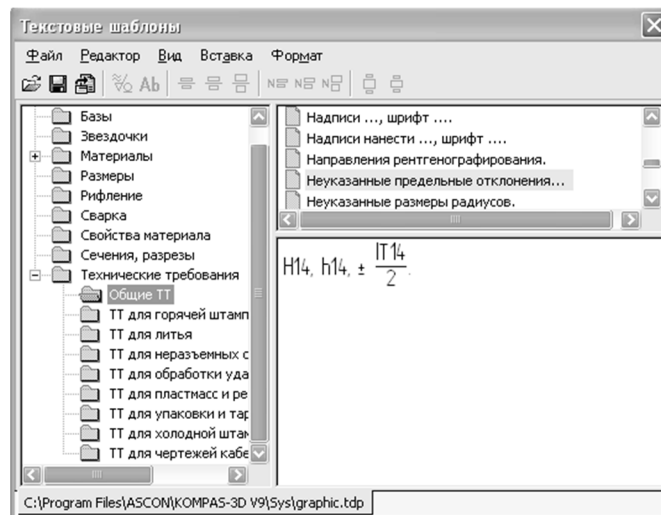


Рисунок 14.8 – Діалогове вікно **«Текстовые шаблоны»** з відкритою папкою **«Технические требования»**

– з лівого боку в дереві шаблонів клацніть ЛК по знаку «+» перед пунктом **«Технические требования»** для його розкриття;

– клацніть ЛК по пункту **«Общие ТТ»** («общие техтребования»). У правому верхньому вікні з’явиться список загальних вимог;

– клацніть ЛК по кнопці пункту **«Неуказанные предельные отклонения...»**. Пункт виділиться;

– клацніть ЛК по кнопці **«Вставить в документ»** на панелі інструментів діалогового вікна **«Текстовые шаблоны»**, або двічі ЛК по цьому пункту. Діалогове вікно закриється і цей пункт скопіюється у текстовий редактор.

*Збереження технічних вимог і закриття:*

– після введення всіх пунктів технічних вимог викличте з рядка **Головного меню** команду **«Файл»** ➤ **«Сохранить»** ➤ **«В чертеж»**. Технічні вимоги будуть введені в креслення;



– з рядка **Головного меню** викликайте команду **«Файл» ➤ «Закрить» ➤ «Технические требования»**. Редактор введення технічних вимог закриється. На екрані з'явиться креслення з введеними технічними вимогами.

Для редагування тексту технічних вимог потрібно знову увійти в режим текстового редактора одним зі способів:

– з рядку **Головного меню** викликайте команду **«Вставка» ➤ «Технические требования» ➤ «Ввод»**;

– натисніть ПрК на зоні технічних вимог, із контекстного меню технічних вимог виберіть пункт **«Редактировать тех. требования»** чи **«Удалить тех. требования»** (рис. 14.9).

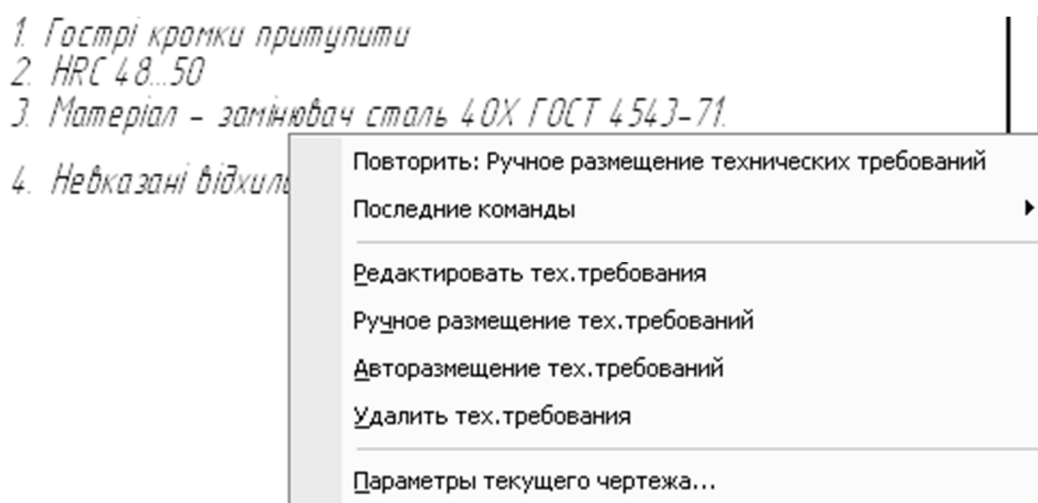


Рисунок 14.9 – Контекстне меню технічних вимог

Під час оформлення креслення іноді виникає необхідність виконати компонування технічних вимог: змінити розміри, положення та кількість сторінок.

Виконати ручне розміщення можна такими способами:

– з рядка **Головного меню** викликом команди **«Вставка» ➤ «Технические требования» ➤ «Размещение»**;

– натисніть ПК на зоні технічних вимог, із контекстного меню технічних вимог виберіть пункт **«Ручное размещение тех. требований»** (рис. 14.9).

Після виконання ручного розміщення технічні вимоги на аркуші креслення вміщують у габаритну рамку з характерними точками (вузлами). Вузли в середині вертикальних і горизонтальних меж рамки дають змогу керувати шириною та висотою сторінки. Вузли в кутах рамки дають змогу одночасно змінювати висоту й ширину сторінки.

## 14.5 Заповнення основного надпису

У системі КОМПАС-ГРАФІК основний надпис креслення (штамп) автоматично розміщується в правому нижньому куту формату. Вибір типу основного надпису визначається користувачем, а форма, розміри й зміст граф встановлені ДСТ 2.104-68, потрібно тільки заповнити її комірку. У процесі заповнення штампу доступні всі можливості текстового редактору системи. Причому графі, текст яких є стандартним, не доступні для введення та редагування, як і зміна структури всього штампу загалом.

Для заповнення основного надпису (штампу) необхідно його активізувати. Для цього є три способи:

- 1) з рядка **Головного меню** викликати команду **«Вставка» > «Основная надпись»**;
- 2) двічі клацнути ЛК у будь-якій точці штампу;
- 3) викликати контекстне меню, клацнувши ПК у полі штампу, і вибрати пункт **«Заполнить основную надпись»**.

Ознакою активності штампу є поява в ньому границь комірок з урахуванням заданих відступів тексту (рис. 14.10). **Панель властивостей** вміщує ряд розкритих списків, кнопок і вікон для огляду дійсних параметрів шрифту (рис. 14.11).

					7.092203			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов							1:1
Проб.	Петров							
Т. контр.						Лист	Листов	
Н. контр.								
Утв.								

Рисунок 14.10 – Основний надпис у режимі активізації штампу

← STOP	Г	GOST type	10.0	1.0	7.0	К	Ж	Ц	■	АавВвЮюЯя	≡	≡	≡	≡	ABB	ABB	
?	А Формат Вставка																

Рисунок 14.11 – Панель властивостей у режимі активізації штампу

Для того щоб заповнити основний надпис виконайте таке:

- клацніть ЛК миші в вільному полі після надпису «**Разраб.**». З'явиться нахилена миготлива риска – ознака готовності системи для введення тексту. Уведіть із клавіатури своє прізвище;
- аналогічно до комірки «**Разраб.**», із клавіатури заповнити комірки проти «**Пров.**», «**Т.контр.**», «**Н.контр.**», «**Утв.**»;
- у полі «**Дата**» введіть із клавіатури, а краще клацніть двічі в комірці до появи діалогового вікна «**Ввод даты**» (рис. 14.12). Знову клацніть двічі по необхідній даті, і вона буде встановлена в комірку;

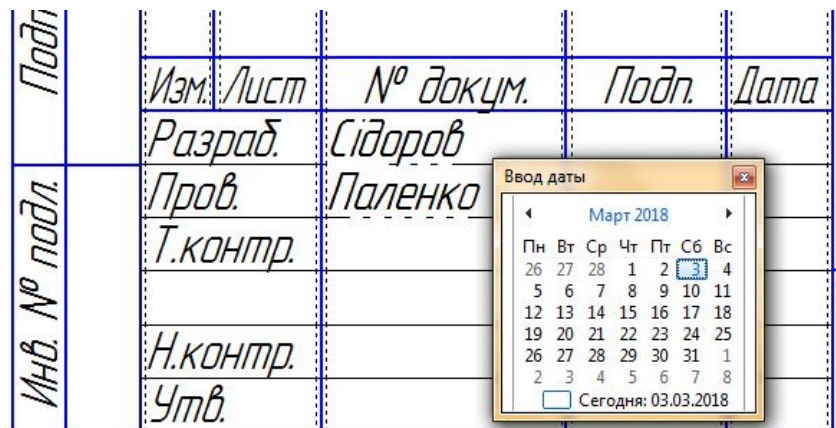


Рисунок 14.12 – Діалогове вікно «**Ввод даты**»

– уведіть у поле «**Обозначение**» кодовий вираз документа відповідно до прийнятих на підприємстві кодових шифрів. Потрібно не забути, що після позначення документа необхідно ввести шифр документа відповідно до ДСТ 2.102-68 (наприклад для збірного креслення шифр ЗБ);

– у комірку «**Наименование изделия**» введіть найменування розробленого документа. Коли документ розроблений як збірне креслення, габаритне креслення, креслення загального вигляду, монтажне креслення та електромонтажне креслення, то нижче назви вводиться відповідний надпис. Для його введення натисніть клавішу «**Enter**» – курсор переміститься нижче. Потім уведіть необхідний надпис, до того ж дрібнішим шрифтом. Параметри введення шрифту можна змінювати на **Панелі властивостей**;

– у комірку «**Обозначение материала детали**» можна ввести позначення матеріалу з клавіатури і скористуватися вкладкою «**Вставка**» **Панелі властивостей**, або скористуватись меню, що викликають подвійним клацанням ЛК у цьому вікні. Клацнувши по пункту «**Выбрать материал**», викликаєте діалогове вікно «**Выбор материала**», за допомогою якого можна вставити необхідний матеріал;

– для введення у комірках **«Листера»** стадії розроблення певного креслення відповідно до ДСТ 2.103-68 клацніть двічі ЛК в будь-якій із комірок. З’явиться меню з можливими етапами створення креслення (рис. 14.13). Клацніть по вибраному етапу ЛК, у комірці з’явиться буква, підкреслена в назві;

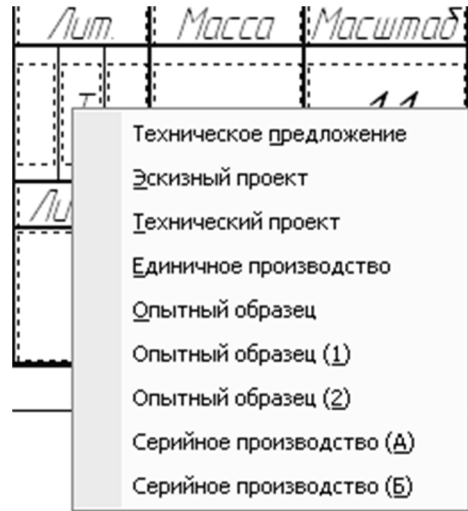


Рисунок 14.13 – Штмп креслення з меню етапів створення креслення

– для визначення потрібного масштабу креслення клацніть двічі в комірці **«Масштаб»**. З’явиться меню з масштабами. Клацнувши ЛК по масштабу, в якому виконувалося креслення, вставляється певний масштаб у цю комірку;

– комірки **«Лист»**, **«Листов»** заповнюються системою автоматично при налаштуванні в діалоговому вікні **«Параметры»**;

– для заповнення комірки **«Масса»** клацніть ЛК у комірці. З’явиться миготлива риска, введіть з клавіатури необхідні дані;

– для виходу з режиму редагування натисніть кнопку **«Создать объект»** на **Панелі властивостей** чи комбінацію клавіш **«Ctrl»** + **«Enter»**.

## 14.6 Створення таблиць

Створити таблицю можна одним з трьох способів:

1) за допомогою кнопки **«Ввод таблицы»**, що знаходиться на Компактній панелі з розкритою панеллю **«Обозначения»**. Для вставлення таблиць у текстовий документ слугує кнопка **«Вставить таблицу»** на Компактній панелі;

2) можна використовувати рядки **Головного меню**: для креслення та фрагмента – **«Инструменты»**, а для текстового документу – **«Вставка»**;

3) на **Панелі властивостей** використовувати кнопку **«Вставити таблицю»** на вкладці **«Вставка»**.

Далі необхідно вказати точку прив'язки курсором. Після цього система виведе на екран діалогове вікно **«Создать таблицу»** (рис. 14.14).

У діалоговому вікні **«Создать таблицу»**:

- уведіть такі дані: кількість необхідних стовпців, кількість необхідних рядків, ширину стовпця у мм;

- натисніть кнопку **ОК**. У вказаній точці з'явиться таблиця, обмежена тонкими лініями, з пунктирними вертикальними лініями (границі поля введення) і з миготливим курсором у центрі верхньої лівої комірки. Система визначила режим редагування таблиці автоматично (рис. 14.15);

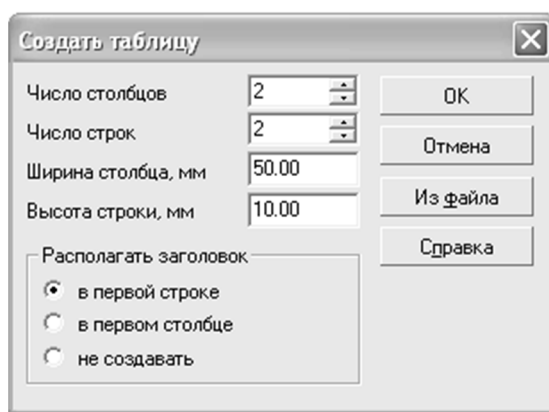



Рисунок 14.14 – Діалогове вікно **«Создать таблицу»**


Рисунок 14.15 – Створена таблиця в режимі редагування

- за допомогою клавіатури введіть текст у необхідні комірки таблиці, введення тексту нічим не відрізняється від уведення звичайного;

- для переходу в інші комірки натисніть клавішу **«Tab»**;

- для збереження внесених у таблицю даних натисніть кнопку **«Создать объект»**  – на Панелі властивостей. Таблиця буде зафіксована.

Змінити положення створеної таблиці на графічному документі можна двома способами:

- 1) за допомогою вузлів (характерних точок);

2) за допомогою таких команд редагування: **зсув, поворот, симетрія, копіювання.**

Налаштувати параметри розміщення за допомогою вузлів можна двома способами:

**Перший спосіб:**

– підведіть пастку курсора до таблиці та клацніть ЛК миші. Таблиця виділиться зеленим кольором і в правому верхньому куту з'явиться **вузол**;

– підведіть курсор до вузла. Курсор зміниться на двонаправлену стрілку;

– натисніть ЛК миші і, не відпускаючи її, перемістите таблицю в необхідне місце.

**Другий спосіб:**

– підведіть курсор до таблиці та клацніть двічі ЛК миші, тобто перейдіть у режим редагування таблиці;

– клацніть ПрК миші та з контекстного меню виберіть команду **«Редактировать размещение»**. На **Панелі властивостей** з'являться елементи керування розміщенням таблиці;

– змініть положення точки прив'язки/чи кут нахилу;

– підтвердить зроблені зміни, натиснувши кнопку **«Создать объект»**.

Для зміни положення таблиці за допомогою команд редагування виконайте таке:

– виділіть таблицю – клацніть по ній ЛК миші;

– застосуйте необхідні команди редагування.

#### 14.6.1 Заходи корегування таблиць

##### 14.6.1.1 Зміна тексту в будь-якій комірці

Для переміщення курсора по комірках таблиці використовують ЛК миші або комбінацію клавіш (табл. 14.1).

Таблиця 14.1 – Комбінація клавіш для переміщення курсора по комірках таблиці

Комбінація клавіш	Необхідне переміщення
⟨Ctrl⟩ + ⟨↑⟩	На одну комірку вгору
⟨Ctrl⟩ + ⟨↓⟩	На одну комірку вниз
⟨Ctrl⟩ + ⟨←⟩	На одну комірку вліво
⟨Ctrl⟩ + ⟨→⟩	На одну комірку вправо

### 14.6.1.2 Злиття рядків

Для злиття рядків таблиці необхідно виконати такі дії:

– на **Панелі властивостей** клацніть ЛК по вкладці **«Таблица»**, і вона отримає вигляд, наведений на рисунку 14.16;

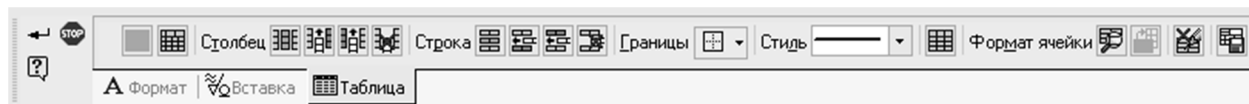


Рисунок 14.16 – Вкладка **«Таблица»** на **Панелі властивостей**

– встановіть курсор у необхідну комірку, яку необхідно злити з іншою. На Панелі властивостей на вкладці **«Таблица»** кнопки у групі **«Слияние»** стали активними (для КОМПАС V8):

**«Объединить с левой ячейкой»** – об’єднує дійсну комірку з коміркою зліва;

**«Объединить с правой ячейкой»** – об’єднує дійсну комірку з коміркою справа;

**«Объединить с верхней ячейкой»** – об’єднує дійсну комірку з верхньою коміркою;

**«Объединить с нижней ячейкой»** – об’єднує дійсну комірку з нижньою коміркою.

Для об’єднання дійсної комірки, наприклад із лівою клацніть ЛК миші по кнопці **«Объединить с левой ячейкой»**. Під час об’єднання комірок їх текст об’єднується та розміщується у центрі нової комірки.

У версіях КОМПАС 3D V9 – V15 замість цих кнопок є кнопка-команда – **«Объединить ячейки»**. Для того щоб об’єднати необхідні комірки, потрібно їх виділити, а далі натиснути цю кнопку.

### 14.6.1.3 Розділення комірок

Для розділення комірки виконайте таке:

– встановіть курсор у дійсну комірку;

– на **Панелі властивостей** для розділення комірок натисніть одну з кнопок **«Разбить ячейку по горизонтали»** – чи **«Разить ячейку по вертикали»** – у групі **«Разделение»** на вкладці **«Таблица»**, комірку розбийте на рівні частини. Коли розбивана комірка містить текст, то можна говорити про таке:

– у разі розділення за вертикаллю текст залишається в лівій комірці;

– у разі розділення за горизонталлю текст залишається у верхній комірці.

#### 14.6.1.4 Вставлення та усунення стовпців таблиці

Для виконання цих операцій використовують кнопки групи **«Столбец»**. Для вставлення стовпця:

- вставити курсор у комірку, справа чи зліва від якої необхідно ввести новий стовпчик.

- на **Панелі властивостей** у групі **«Столбец»** є такі кнопки:



**«Выделить столбец»;**



**«Вставить столбец слева»;**



**«Вставить столбец справа»;**



**«Удалить столбец»;**

Після натискання однієї з цих кнопок система вставляє новий стовпчик із тим самим розміром і параметрами формування тексту, до того ж надпис вихідної комірки не копіюється;

Для усунення чи виділення стовпця виконайте такі дії:

- встановіть курсор у комірку, яку необхідно виділити чи усунути;
- натисніть кнопку **«Удалить столбец»** чи **«Выделить столбец»**.

#### 14.6.1.5 Вставлення чи усунення рядків таблиці

Для операції вставлення та усунення рядків застосовують кнопки групи **«Строка»**:



**«Выделить строку»;**



**«Вставить строку сверху»;**



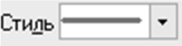

**«Вставить строку снизу»;**



**«Удалить строку».**

Вставлення та усунення рядків таблиці виконуються аналогічно до вставлення та усунення стовпців.


#### 14.6.1.6 Обрамлення комірок таблиці

Зовнішні рамки й лінії, що розділяють рядки таблиці, за замовчанням мають стиль лінії **«Основная»**, а лінії, що розділяють стовпці, – стиль **«Тонкая»**. Для зміни стилю ліній, що обрамляють необхідну комірку, потрібно скористатися на **Панелі властивостей** у вкладці **«Таблица»** вікнами **«Стиль»** –  та **«Границы»** – , в яких необхідно вибрати потрібний стиль ліній для обрамлення контура комірки та тип границі.



### 14.6.1.7 Форматування комірок таблиці

Для форматування виділеної комірки таблиці необхідно виконати таке:

– на **Панелі властивостей** клацнути ЛК миші по кнопці **«Формат ячейки»** . На екрані з'явиться діалогове вікно **«Формат ячейки»** (рис. 14.17), елементи керування якого розглянуті в таблиці 14.2.

– встановіть необхідні параметри форматування та натисніть кнопку **ОК**.

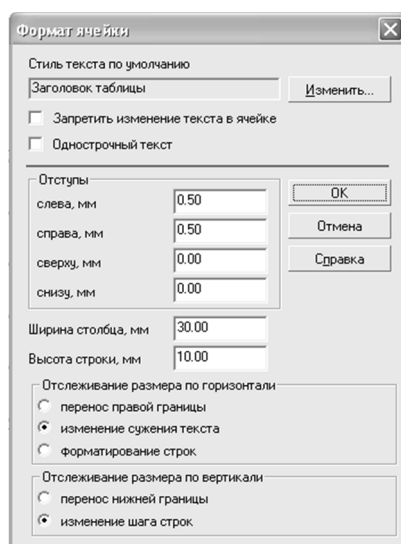



Рисунок 14.17 – Діалогове вікно **«Формат ячейки»**

Таблиця 14.2 – Елементи керування діалогового вікна **«Формат ячейки»**

Елемент керування	Опис виконуваного налаштування
<b>«Стиль текста по умолчанию»</b>	Поле, яке містить назву стилю тексту дійсної комірки
<b>«Изменить»</b>	Кнопка, що дає змогу вибрати стиль тексту з діалогового вікна <b>«Выберите текущий стиль текста»</b>
<b>«Запретить изменение текста в ячейке»</b>	При встановленому прапорці у вікні блокується редагування тексту певної комірки
<b>«Однострочный текст»</b>	При встановленому прапорці у вікні комірки можливий тільки однорядковий текст
<b>«Отступы»</b>	Група опцій, що визначає розташування тексту від границь комірки в мм
<b>«Ширина столбца», «Высота столбца»</b>	Поля для введення розмірів дійсної комірки
<b>«Отслеживание размера по горизонтали/ по вертикали»</b>	Група перемикачів, яка дає змогу встановити засіб розташування тексту всередині комірки по горизонталі й вертикалі

Для коригування великої комірки натисніть кнопку **«Отобразить сетку»**  для полегшення проведення змін.

#### 14.6.1.8 Блокування розмірів границь таблиці

Для блокування розмірів границь таблиці необхідно виконати такі дії:

- клацнути ЛК по кнопці **«Блокировка размеров таблицы»** .

На екрані з'явиться діалогове вікно **«Блокировка размеров таблицы»** (рис. 14.18);

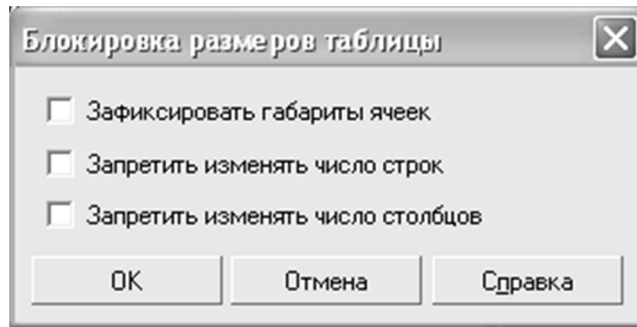


Рисунок 14.18 – Діалогове вікно **«Блокировка размеров таблицы»**

- установіть прапорець опції, який забороняє змінювати або габарити комірок, або кількість рядків, або кількість стовпців, або всіх разом;
- для завершення налаштування натисніть кнопку **ОК**.

#### 14.6.1.9 Зміна розмірів комірок таблиці за допомогою миші

Для зміни границь комірок виконайте такі дії:

- помістіть показчик курсора на верхню лінію таблиці. Курсор перетвориться у двонапрямну стрілку;
- натисніть ЛК миші і, не відпускаючи її, перемістіть лінію вгору чи вниз, змінюючи висоту рядку;
- помістіть показчик миші у будь-який кут таблиці. Курсор перетвориться у чотирибічну стрілку;
- натисніть ЛК миші і, не відпускаючи її, перемістіть лінії границі;
- помістіть показчик миші на перетин границь комірки (наприклад в її вузол). Курсор перетвориться в чотирибічну стрілку;
- натисніть ЛК миші і, не відпускаючи її, переміщуйте лінії таблиці.

## 14.6.2 Збереження таблиць


Для збереження таблиці у файлі необхідно перевести її в режим редагування:

- в рядку **Головного меню** натисніть пункт **«Файл»** ➤ **«Сохранить таблицу в файл...»**. На екран система виведе діалогове вікно **«Укажите имя файла для записи»**, де у вікні **«Тип файла»** виберіть **«КОПМАС-Таблицы (\*.tbl)»**;
- розкрийте папку для запису файлу, а у вікні **«Имя файла»** введіть його ім'я;
- натисніть кнопку **«Сохранить»**.

## 14.7 Створення текстового документа і введення тексту в готовий документ креслення

### 14.7.1 Уведення текстових надписів

Для введення текстових надписів виконайте такі дії:

- для цього на **Компактній панелі** знайдіть панель інструментів **«Обозначение»** (див. розділ 11);
- натисніть кнопку **«Текст»** . На **Панелі властивостей** на вкладці **«Размещение»** з'являться елементи керування розміщенням розмірного надпису (рис. 14.19);

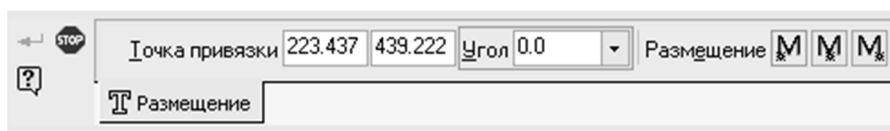


Рисунок 14.19 – **Панель властивостей** з відкритою вкладкою **«Размещение»**

- вкажіть точку **т1** прив'язки тексту. За замовчанням вона завжди розташована на початку першої букви будь-якого рядку. Після введення точки система переходить до режиму введення тексту: у точці прив'язки з'являється рамка введення тексту з миготливим текстовим курсором, а **Панель властивостей** змінює свій склад (рис. 14.20).

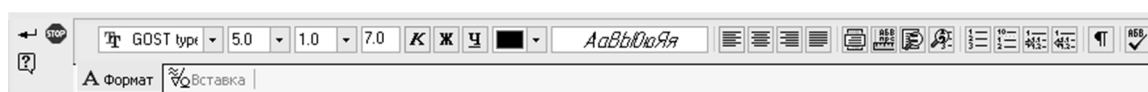


Рисунок 14.20 – **Панель властивостей** у режимі створення тексту з відкритою вкладкою **«Формат»**

На **Панелі властивостей** із відкритою **вкладкою «Формат»** можна задати такі параметри тексту (рис. 14.21):

– *шрифт тексту*. У розкритому списку шрифтів вибрати необхідний шрифт. За замовчанням стоїть шрифт креслення GOST type A;

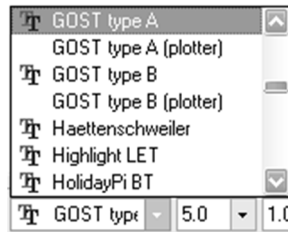


Рисунок 14.21 – Меню «**Шрифт**» на **Панелі властивостей**

– *висота символів*. У списку подано стандартні розміри шрифтів;

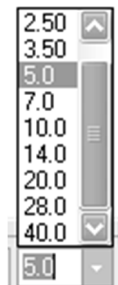


Рисунок 14.22 – Меню «**Висота символів**» на **Панелі властивостей**

– *звуження міжлітерного поля* за замовчанням дорівнює 1. У процесі розроблення креслення параметр не змінюють;

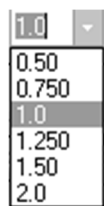


Рисунок 14.23 – Меню «**Сужение**» на **Панелі властивостей**

– *крок рядків*. Поле для введення кроку рядків;  
– *вигляд написання тексту та його колір*. Три кнопки дають змогу перемикаати написання тексту, при цьому у вікні перегляду шрифтів відображається їх написання;




Рисунок 14.24 – Кнопки зміни тексту на курсив, жирний, підкреслений, кольору та вікно перегляду шрифту

– вирівнювання тексту відносно поля його написання;



Рисунок 14.25 – Кнопки-команди вирівнювання тексту вліво, по центру, вправо та за шириною

– стиль тексту . У діалоговому вікні «**Выберите текущий стиль текста**» можна задати необхідний стиль тексту і натиснути кнопку «**Выбрать**» (рис. 14.26);

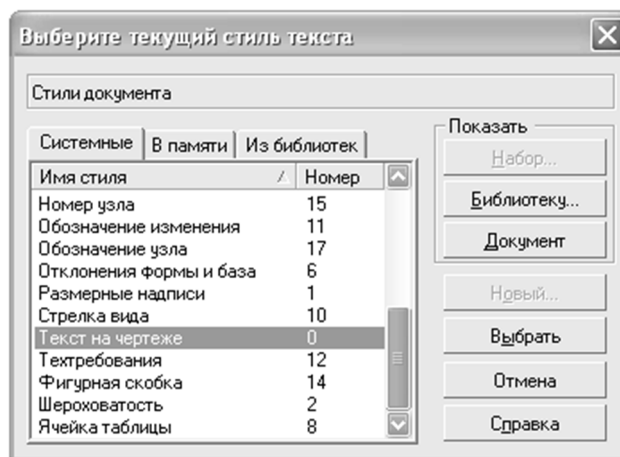



Рисунок 14.26 – Діалогове вікно «**Выберите текущий стиль текста**»

– параметри абзацу . У діалоговому вікні «**Параметры абзаца**» можна назначити всі головні параметри абзацу;

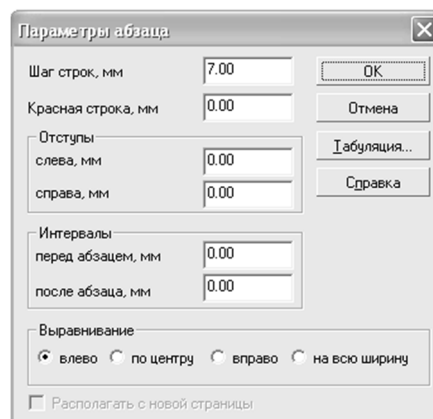



Рисунок 14.27 – Діалогове вікно «**Параметры абзаца**»

– *формат тексту* . У викликаному діалоговому вікні «*Формат тексту*» задаються габарити багаторядкового тексту та методи його форматування (рис. 14.28);

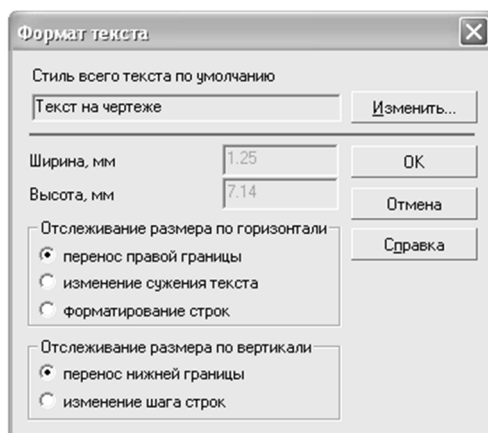



Рисунок 14.28 – Діалогове вікно «*Формат тексту*»

– *параметри списку* . У діалоговому вікні «*Параметри списку*» можна назначити нумерацію тексту (рис. 14.29);

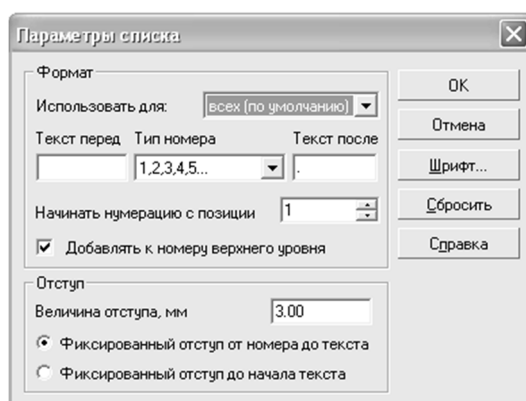







Рисунок 14.29 – Діалогове вікно «*Параметри списку*»

– *встановити нумерацію*  та задати новий список , на початку абзацу з'явиться його порядковий номер, кожний абзац перетворюється у номер списку;

– *зменшити вкладеність нумерованого списку*  чи *збільшити вкладеність* , засоби форматування нумерованого списку;

– *символи форматування* ;

– *правопис* .

За допомогою **Панелі властивостей** із відкритою **вкладкою «Вставка»** можна вставляти різні об'єкти у текст (рис. 14.30):

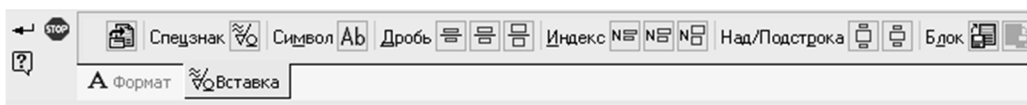



Рисунок 14.30 – **Панель властивостей** у режимі створення тексту з відкритою вкладкою **«Вставка»**

– **текстовий шаблон** . За допомогою діалогового вікна можна вставити текстові шаблони (рис. 14.31);

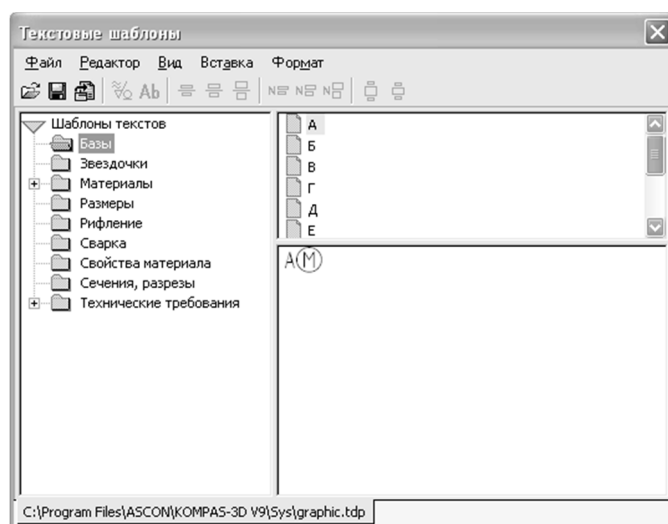



Рисунок 14.31 – Діалогове вікно **«Текстовые шаблоны»**

– **спецзнак** . За допомогою діалогового вікна можна вставити конструкторсько-технологічні позначення (рис. 14.32);

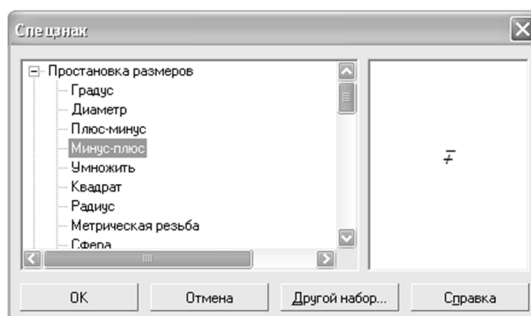


Рисунок 14.32 – Діалогове вікно **«Спецзнак»**

– символ **Символ** . За допомогою діалогового вікна можна вставити спеціальний символ (рис. 14.33);

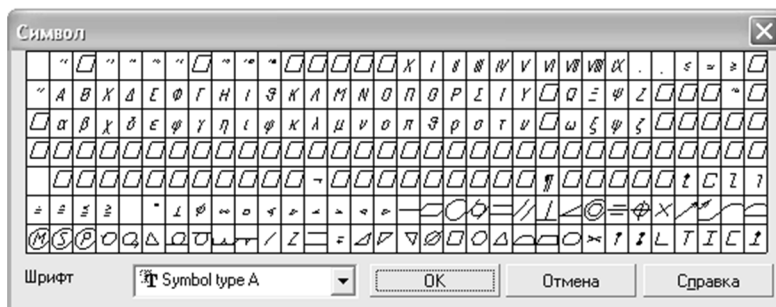


Рисунок 14.33 – Діалогове вікно «Символ»

– дріб **Дробь** . За допомогою групи кнопок-команд можна вставити дріб різної висоти;

– індекс **Индекс** . За допомогою групи кнопок-команд можна вставити індекс різної висоти: малої, середньої та нормальної відповідно;

– над/підрядок **Над/Подстрока** . За допомогою кнопок-команд можна вставити підрядок різної висоти: збільшеної та нормальної;

– блок **Блок** . Кнопки-команди дають змогу завантажити будь-який раніше створений текст і зберегти виділений фрагмент тексту в окремому файлі у форматі текстового документа КОМПАС (\*.kdw) чи текстового файла (\*.txt).

#### 14.7.2 Редагування положення та тексту надпису

Використовують три способи зміни положення надпису.

**Перший спосіб** – найпростіший і найбільш надійний за допомогою редагування вузлів. Для цього виконайте такі дії:

– виділить текст, клацнувши по ньому ЛК миші. Текст виділиться повністю і матиме два вузли різного типу;

– підведіть курсор до вузла, що співпадає з точкою прив'язки. Курсор змінить свій вигляд на чотирикутну стрілку;

– клацніть ЛК і, не відпускаючи її, переміщуйте рамку тексту. Рамка повністю охопить текстовий надпис по висоті й ширині. Досягнувши потрібного положення, відпустіть кнопку. Коли залишиться «*сміття*» на екрані, то натисніть кнопку «*Обновить изображение*» чи клавіатурну комбінацію <Ctrl> + <F9>;



– підведіть курсор до вузла й двічі клацніть ЛК миші. Система перейде у режим редагування тексту: текст буде міститися в рамці та з’явиться миготливий курсор. Далі поставте курсор у те місце, де необхідні виправлення, усуваєте непотрібний текст клавішею «Backspace» (пробіл) і введіть із клавіатури новий;

– для фіксування виправленого тексту натисніть кнопку **«Создать объект»**;

– підведіть курсор до другої точки. Курсор змінить свій вигляд на дві стрілки повороту;

– клацніть ЛК і, не відпускаючи її, поверніть текст навколо точки введення. Досягнувши потрібного положення, відпустіть ЛК;

– для зняття виділення клацніть ЛК у будь-якому місці екрану.

**Другий спосіб** – для редагування можна застосувати такі команди: **«Сдвиг»**, **«Поворот»**, **«Симметрия»** та **«Копирование»**.

**Третій спосіб** – параметри розміщення і стиль надпису можна задати в діалоговому вікні **«Формат текста»** (див. рис. 14.28).

### 14.7.3 Особливості роботи в текстовому редакторі

Існують два режими відображення текстового документа:

- нормальний;
- у режимі розмітки сторінок.

#### 14.7.3.1 Нормальний режим

Відразу після виходу в режим створення текстового документа на екрані поле документа відображається у звичайному (нормальному) режимі: видно прямокутну пунктирну рамку як границю області введення тексту. У лівій частині пунктирної рамки видно миготливий курсор, який показує, де у наступний момент буде введений текст, таблиця чи ілюстрація. Абзац, в якому знаходиться курсор, вважається дійсним.

Переміщувати курсор можна за допомогою миші або клавіатурних комбінацій основної і додаткової клавіатур (див. табл. 14.3).

Таблиця 14.3 – Комбінації клавіш керування переміщенням курсора

Клавіша керування	Переміщення курсора
⟨↑⟩	На один рядок уверх
⟨→⟩	На одну позицію вправо
⟨↓⟩	На один рядок вниз
⟨←⟩	На одну позицію вліво
⟨Page Up⟩	У верхній рядок дійсного вікна
⟨Page Down⟩	У нижній рядок дійсного вікна
⟨Home⟩	На початок рядку
⟨End⟩	На кінець рядку
⟨Tab⟩	Переміщення вправо на задану величину табуляції
⟨Enter⟩	Почати наступний абзац
⟨Backspace⟩	Усунення символу зліва від курсора
⟨Delete⟩	Усунення виділеного фрагмента

Приклад відображення текстової сторінки в нормальному режимі файлу зображений на рисунку 14.34.

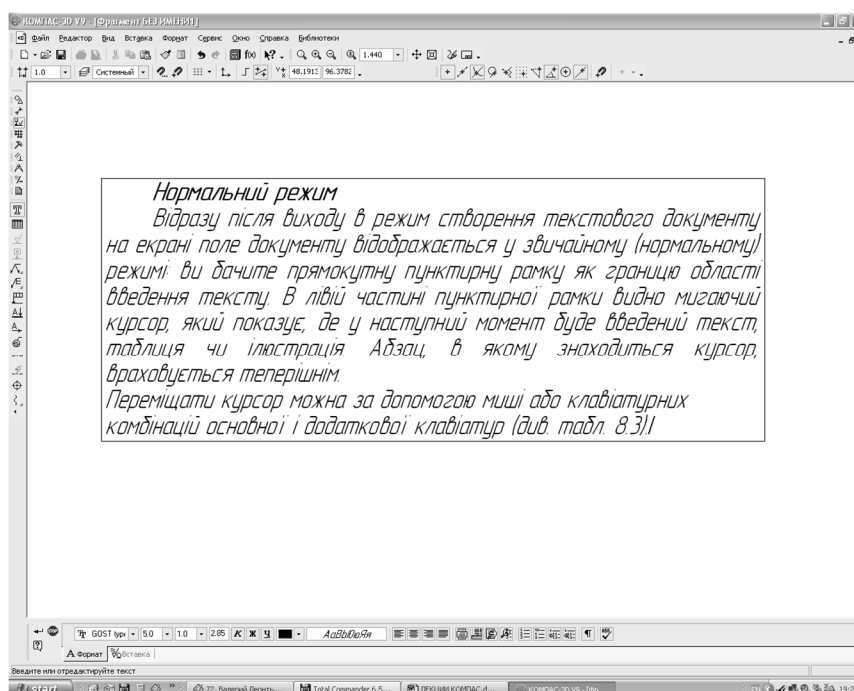


Рисунок 14.34 – Перегляд текстового файлу у нормальному режимі

### 14.7.3.2 Режим розмітки сторінок

Переключення між звичайним режимом і режимом розмітки сторінок здійснюють за допомогою команд «*Разметка страниц*» та «*Нормальный*

**режим»**, розташованих на панелі інструментів **«Вид»**, або за допомогою команд випадного меню **«Вид»**.


## 14.8 Друк креслення

КОМПАС-ГРАФІК використовує всі можливості Windows у процесі роботи з пристроями виведення (принтерами, плотерами), а також надає низку додаткових сервісних можливостей.

Уважатимемо, що є принтер зі встановленим драйвером. Відкрийте будь-яке креслення формату А3 чи А1. Для виведення створеного документа у друк потрібно перейти в режим попереднього перегляду зображення. У цьому режимі видно реальне зображення документа і його розміщення на полі виведення, також можна змінити масштаб, повернути зображення тощо.

Для виходу в цей режим можна використовувати два способи:

1) з рядка **Головного меню** викличте команду **«Файл» > «Предварительный просмотр»**;

2) на панелі інструментів **«Стандартная»** натисніть кнопку **«Предварительный просмотр»** . Система виведе на екран діалогове вікно **«Документы для вывода»** (рис. 14.35), в якому можна вказати один або декілька документів (при натиснутій клавіші <Ctrl> або поставити прапорець у вікні **«Выделить все документы»**). У діалоговому вікні натисніть кнопку **ОК**. Система переходить у режим попереднього перегляду виділеного документа.

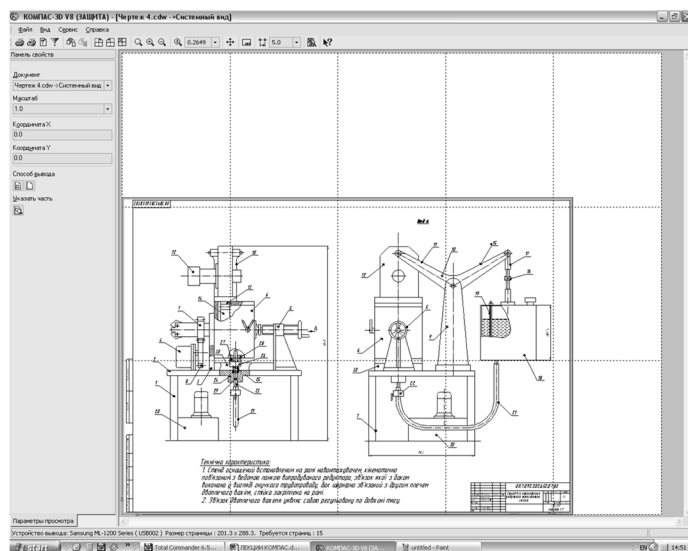


Рисунок 14.35 – Система в режимі попереднього перегляду документа

Зображення на екрані зміниться: з лівого боку з'явиться видозмінена **Панель властивостей**, а справа буде показано умовне поле виведення

(листи паперу певного розміру й орієнтації), на якому відображається друкований документ у зеленій рамці. Зверніть увагу на рядок стану: **Устройство вывода: Samsung ML-1200 Series (USB002) Размер страницы: 201.3 × 288.3. Требуется страниц: 15.**

Якщо формат аркуша принтера менше дійсного розміру креслення, то система автоматично розрахує необхідну для введення кількість аркушів. Варто пам'ятати про те, що для виведення креслення форматом А4 в масштабі 1:1 на принтер потрібно чотири таких аркуші, оскільки частина формату принтера недоступна через умови захоплення аркуша для його простягання, що видно на екрані.

Зверніть увагу, як змінилися елементи керування на **Панелі властивостей** і на панелі інструментів **Стандартна**.

Налаштуйте параметри друку на **Панелі властивостей** за допомогою елементів керування, розглянутих у таблиці 14.4.

Таблиця 14.4 – Елементи керування параметрів друку

Елемент керування	Опис виконуваного налаштування
<b>Документ</b>	Містить ім'я певного файлу і шлях до цього файлу
<b>Масштаб</b>	Список, що розкривається, дає змогу призначити будь-який масштаб зображення
<b>Координата ХУ</b>	У вікнах можна призначити значення координат по осях Х, У
<b>Способ ввода</b>	Перемикач « <b>Ввести часть текущего документа</b> »
<b>Указать часть</b>	Натиснувши на цю кнопку, на екрані з'являється діалогове вікно « <b>Укажите часть документа</b> » (див. рис. 14.36), де у вікнах « <b>Отступ, мм</b> » необхідно внести певні числові розміри

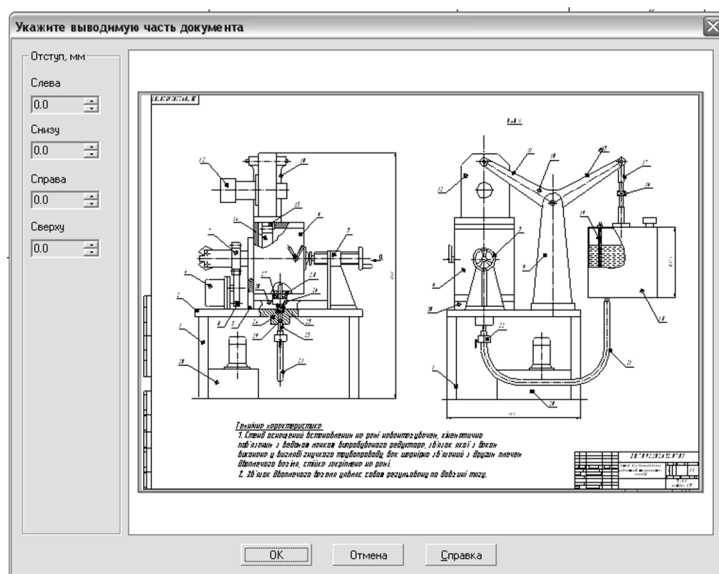


Рисунок 14.36 – Діалогове вікно «**Укажите выводимую часть документа**»

Далі для виведення документа на певній кількості аркушів (на одному або декількох) потрібно скористатися командою **«Подогнати масштаб»**, яку можна викликати двома способами:

- з рядка **Головного меню** командою **«Сервис»** ➤ **«Подогнати масштаб»**;
- викликати команду з контекстного меню попереднього перегляду (рис. 14.37).

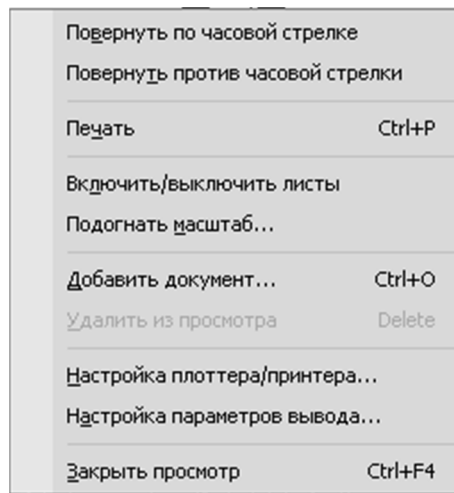


Рисунок 14.37 – Контекстне меню попереднього перегляду

Після виклику команди на екрані з’явиться діалогове вікно **«Подгонка масштаба документа»** (рис. 14.38). У діалоговому вікні виконайте таке:

- у рядку **«Количество страниц по вертикали»** виділіть значення ЛК миші та введіть інше значення менше 1. Зазвичай вводиться значення від 0,97 до 0,95. При цьому кількість сторінок по вертикалі й масштаб система обчислить автоматично;
- натисніть кнопку **ОК**.

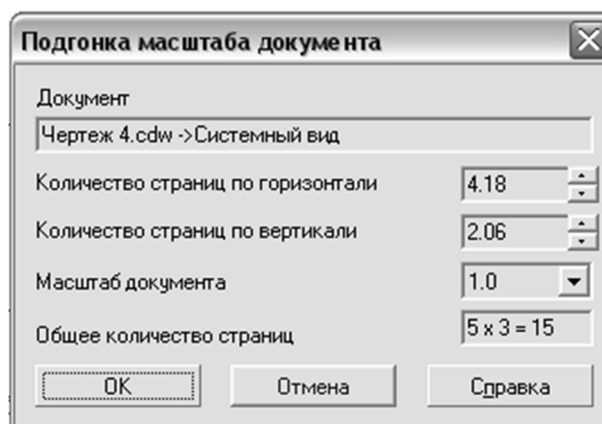



Рисунок 14.38 – Діалогове вікно **«Подгонка масштаба документа»**

Діалогове вікно закривається та зображення перерисовується відповідно до нового масштабу. Основне зображення креслення на екрані обведене зеленою рамкою та зазвичай зрушене вліво вниз. Залежно від того, як налаштована подача паперу в принтері, це зображення креслення необхідно зрушити вправо вгору або вліво вгору. Для цього на полі креслення натискаєте ЛК миші і, не відпускаючи її, зрушуєте зображення. Зображення креслення у вікні перегляду необхідно помістити із запасом по краях.

Для налаштування параметрів виведення:

– натисніть кнопку «**Настройка параметров вывода**» –  на панелі керування діалогового вікна. З'являється діалогове вікно «**Настройка параметров вывода**» (рис. 14.39). Необхідні параметри виведення документа на друк цього вікна розглянуті в таблиці 14.5.

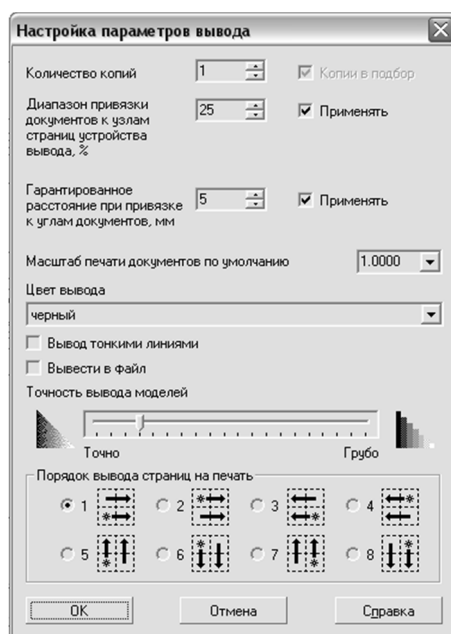




Рисунок 14.39 – Діалогове вікно «**Настройка параметров вывода**»

Таблиця 14.5 – Елементи керування налаштування параметрів виведення

Елемент керування	Опис виконуваного налаштування
<b>Количество копий</b>	За допомогою лічильника задається кількість друкованих документів
<b>Копии в подбор</b>	За наявності декількох копій керує порядком виводу на друк
<b>Диапазон привязки документов к углам страниц устройства вывода, %</b>	За замовчанням встановлений режим прив'язки до кутів. Бажано його вимкнути, прибравши прапорець у вікні « <b>Применить</b> »
<b>Гарантированное расстояние при привязке, мм</b>	Установлюється значення прив'язки кутів одночасно друкованих документів. Режим можна вимкнути прибравши прапорець у вікні « <b>Применить</b> »

Елемент керування	Опис виконуваного налаштування
<b>Масштаб печати документов по умолчанию</b>	Поле для введення масштабу для одночасно друкованих документів
<b>Цвет вывода</b>	З розкритого списку можна вибрати варіант використання кольорів
<b>Вывод тонкими линиями</b>	Для виведення документа тонкими лініями встановіть прапорець
<b>Порядок вывода страниц на печать</b>	Перемикачі, що визначають порядок виведення аркушів на друк

– якщо зображення креслення у вікні перегляду вміщене із запасом по краях, то натисніть кнопку **«Печать»**  на Панелі керування. Принтер після деякого роздуму починає друк або видає запит про підтвердження друку;

– натисніть кнопку **«Закрыть просмотр»** . Вікно перегляду закривається та з'являється вікно редактора.

**Розглянемо випадок, коли формат документа не відповідає формату, який друкує принтер.**


Можна спочатку надрукувати праву або ліву половини формату A4, потім іншу половину, а потім склеїти. Це вихід із положення, коли немає іншого принтера.

Розглянемо приклад друкування документу формату A1 на рисунку 14.35.

Для цього виконайте такі дії:

1. З рядка **Меню** викличте команду **«Файл»** > **«Предварительный просмотр»**. Система перейде в режим попереднього перегляду. Зверніть увагу на такі кнопки на панелі керування вікна:

 **«Повернуть против часовой стрелки»;**

 **«Повернуть по часовой стрелке».**

2. У меню викличте команду **«Подогнать масштаб»**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Подгонка масштаба документа»** в якому виконайте такі дії:


– у вікні **«Количество страниц по горизонтали»** виділіть **4.18** і введіть **4**;

– натисніть кнопку **ОК**. Діалогове вікно закриється та відкриється вікно попереднього перегляду. Якщо зелена рамка вміщується в пунктирну рамку, то можна продовжувати операції далі. Якщо зелена рамка виходить за пунктир, то необхідно знову повернутися в діалогове вікно і змінити у вікні **«Количество страниц по горизонтали»** значення на менше (3.95). Натисніть кнопку **ОК**;

3. Якщо необхідно видалити документ із перегляду або додати, то на панелі керування скористайтесь кнопками:

 **«Удалить документ из просмотра»;**

 **«Добавить документ»;**

4. Натисніть кнопку **«Включить/выключить листы»** . Курсор перетвориться в пастку;

5. Підведіть пастку до тієї частини листа формату А4, яку спочатку не друкуватимете, і клацніть ЛК миші. Його зображення стане темним. Цей формат не буде виведений на друк, а друкуватися буде незатінений. Якщо ви помилилися, то клацніть ЛК;


6. На панелі інструментів натисніть кнопку **«Печать»** і надрукуйте цю частину креслення;

7. Викличте команду **«Включить/выключить листы»**. За допомогою пастки виберіть наступний формат для друку. Зверніть увагу на зелену рамку. Вона показує ту частину формату, яка друкуватиметься;

8. Натисніть кнопку **«Печать»** і надрукуйте цю частину креслення. Отже, можна з форматів А4 скласти будь-який формат.

Для друкування формату А1 та інших необхідно мати відповідний принтер.

**Для перевірки правильності підключення принтера або вибору іншого пристрою** зі списку підключених до комп'ютера безпосередньо або через локальну мережу в режимі попереднього перегляду виконайте таке:

1) на панелі керування клацніть ЛК миші по кнопці **«Настройка принтера/плоттера»** . На екрані з'явиться діалогове вікно-попередження, у якому натисніть кнопку **ОК**. На екрані з'являється діалогове вікно **«Настройка печати»**, в якому необхідно задати:

– у вікні **«Имя»** – ім'я потрібного принтера. Якщо необхідно налаштувати його параметри, натисніть кнопку **«Свойства...»**;

– потрібний розмір паперу;

– тип подачі аркушів;

– розмір формату аркушів;

– у полі **«Ориентация»** встановите перемикач в одному з вікон: **«Книжная»** або **«Альбомная»**;


– натисніть кнопку **ОК**. Діалогове вікно закриється. На екрані вікно попереднього перегляду. Але залежно від встановленої орієнтації іноді необхідно повернути креслення;

1) викличте команду **«Подогнать масштаб»** і в діалоговому вікні змініть масштаб;

2) натисніть кнопку **«Печать»** і надрукуйте креслення.



В окремих випадках для друкування необхідно виділити якусь частину документа в режимі попереднього перегляду. Для цього виконайте такі дії:

- на **Панелі властивостей** натисніть кнопку **«Указать часть»** . Система виведе на екран діалогове вікно **«Укажите выводимую часть документа»** і документ у зеленій рамці (рис. 14.36);
- підведіть курсор до зеленої рамки знизу. Курсор зміниться на двонаправлену стрілку;
- натисніть ЛК миші і, не відпускаючи її, змініть положення габаритної рамки (рис. 14.40);
- аналогічно змініть положення з інших сторін, щоб виділити тільки необхідне зображення на кресленні;
- зверніть увагу на полі **«Оступ, мм»**. У вікнах: **«Слева»**, **«Снизу»**, **«Справа»**, **«Сверху»** змінилися розміри. За бажанням можна в цих вікнах поміняти значення;
- натисніть кнопку **ОК**. Вікно закриється, і у вікні перегляду з'явиться виділене зображення;
- переведіть курсор на зображення і, натиснувши ЛК миші, перемістіть його в центр габаритної рамки;
- на **Панелі властивостей** у вікні **«Масштаб»** змініть значення на потрібне, наприклад **1** і натисніть клавішу <Enter>. Зображення креслення збільшиться та заповнить габаритну рамку (рис. 14.41). Тепер можна надрукувати це зображення.

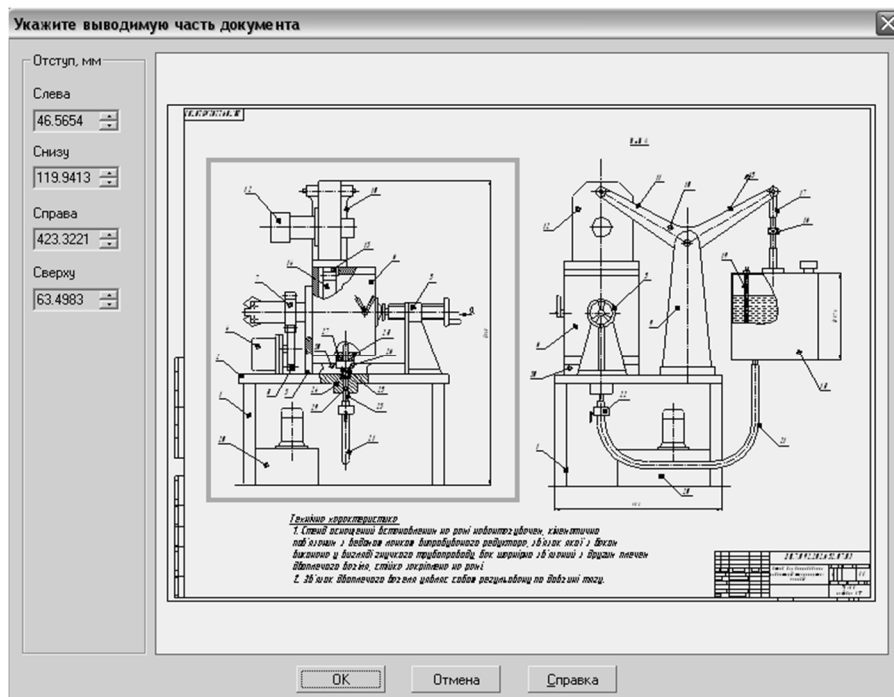


Рисунок 14.40 – Зміна положення габаритної рамки в діалоговому вікні **«Укажите выводимую часть документа»**

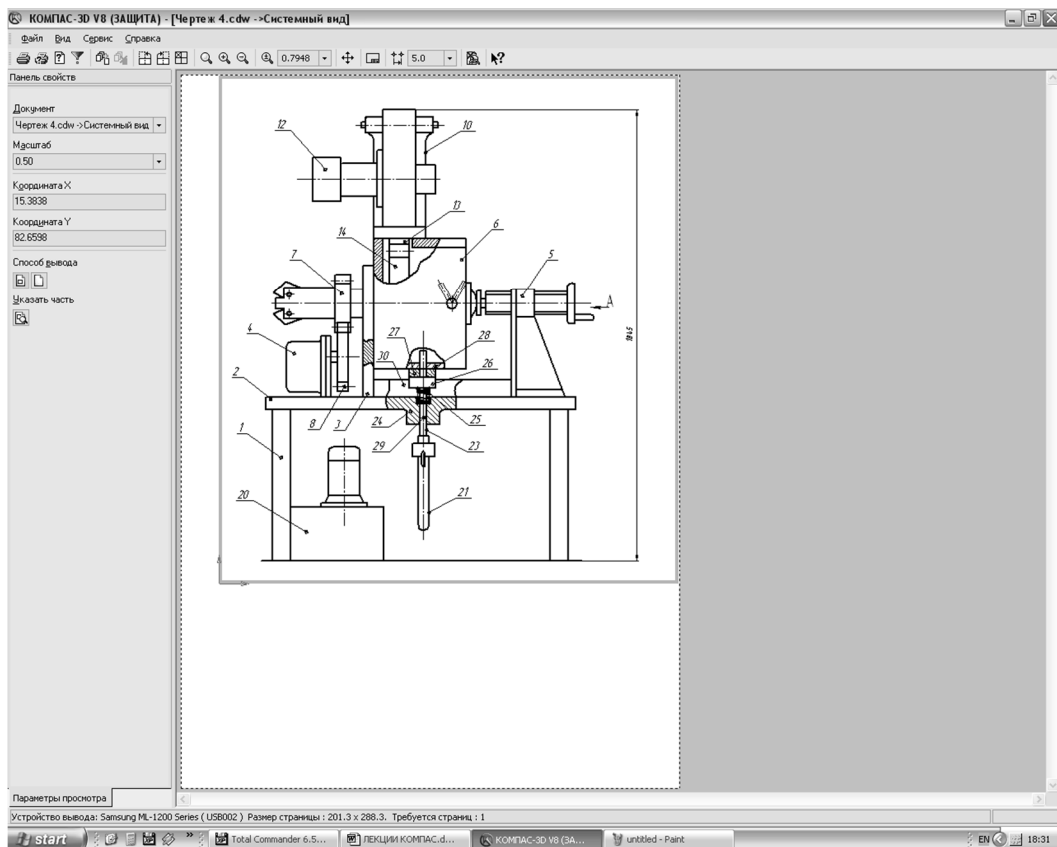


Рисунок 14.41 – Зображення креслення, готового до друку

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як можна змінити структуру креслення?
2. Як можна змінити настройки креслення?
3. Що таке основний надпис на кресленні? Як його можна заповнити?
4. Як створюють таблиці в документі креслення? Як додати або усунути рядок чи стовпчик таблиці?
5. За допомогою яких операцій створюється текст у документі креслення?
6. Які необхідно здійснити команди для того, щоб надрукувати документ у системі КОМПАС?

## 15 СТВОРЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЇ ЗБІРНОГО КРЕСЛЕННЯ

### 15.1 Режим створення специфікацій

Одним із компонентів системи КОМПАС-ГРАФІК 3D є система створення специфікацій для збірного креслення.

*Специфікація* – це документ, що визначає склад збірного креслення та побудований у вигляді таблиці. Стандартом визначається його форма у вигляді рядків. *Об'єкт специфікації* – декілька наступних один за одним рядків специфікації, що належать до одного збірного креслення. Специфікація оформляється рамкою і штампом та є зазвичай багатосторінковою. Засоби системи КОМПАС-ГРАФІК 3D дають змогу створити специфікацію відповідно до ДСТ 2106-96, як у ручному, так і в напівавтоматичному режимах.

**Перехід у режим створення специфікації** може бути виконаний одним із трьох способів:

- на панелі інструментів **Стандартна** натисніть кнопку **«Создать»**. На екрані з'явиться діалогове вікно **«Новый документ»** (див. рис. 10.5);

- у вікні клацніть двічі по значку **«Спецификация»**. На екрані з'явиться бланк специфікації (рис. 15.1). Отже, ви потрапили в режим створення специфікацій. Тому у верхньому рядку головного вікна після назви системи та його номера версії йде назва в квадратних дужках: **[Спецификация без имени]**.

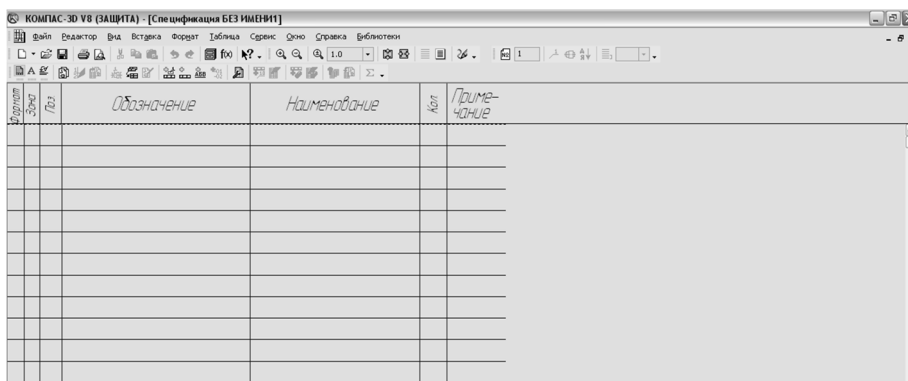


Рисунок 15.1 – Головне вікно системи в режимі створення специфікації

Графічне вікно системи в режимі роботи зі специфікацією, окрім загальних для системи елементів, містить і свої специфічні пункти меню, панелі інструментів, контекстні меню та інші додаткові елементи. Тому перед тим, як заповнити бланк, необхідно розглянути докладніше інтерфейс **Головного вікна** системи в цьому режимі.

## 15.2 Рядок меню в режимі створення специфікації

Розглянемо деякі зміни в режимі специфікації **Рядку меню**, що розташований під заголовком системи.

Випадне меню **«Вид»** (рис. 15.2) містить такі нові пункти:

- **«Нормальный режим»** – дає змогу встановити режим, при якому відображаються рамка специфікації і штамп (основний напис);
- **«Разметка страниц»** – відображає режим розмітки сторінок;
- **«Показать все объекты»** – включає режим роботи, при якому на екрані відбиваються всі об'єкти специфікації.

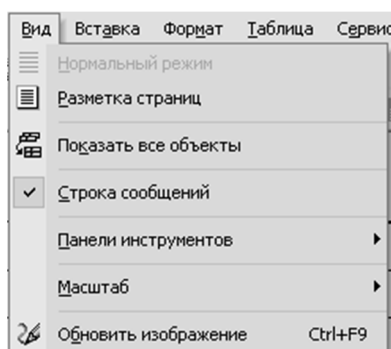


Рисунок 15.2 – Випадне меню **«Вид»**

У меню **«Вставка»** (рис. 15.3 а) наведені такі пункти:

- **«Раздел»** – викликає діалогове вікно Виберіть розділ або тип об'єкта для вибору розділу специфікації;
- **«Базовый объект»** – створює новий рядок у поточному розділі специфікації;
- **«Вспомогательный раздел»** – дає змогу створити новий допоміжний розділ у поточному розділі;
- **«Исполнение»** – викликає діалогове вікно, в якому вказують варіанти під час групового виконання з суфіксом 01, 02, 03 тощо;
- **«Текстовый шаблон»** – викликає текстовий шаблон Graphic.pdt.

Меню **«Формат»** (рис. 15.3, б) містить пункти, серед яких ставновлять інтерес такі:

- **«Настройка спецификации»** – викликає діалогове вікно **«Настройка спецификации»** (рис. 15.4).

Це вікно складається з чотирьох вкладок: **«Настройки»**, **«Разделы»**, **«Блоки исполнен.»**, і **«Блоки доп. разделов»**.

Ці налаштування необхідні для створення специфікації. Розглянемо найважливіші дві вкладки:

- вкладка **«Настройка»** – налаштовує зв'язок між специфікацією та кресленням, тому встановіть прапорці у вікнах **«Связь сборки или чертежа со спецификацией»**, **«Связь с расчетом позиций»**;

- вкладка **«Разделы»** – дає змогу побудувати розділи специфікації. Залишаємо налаштування за замовчанням.

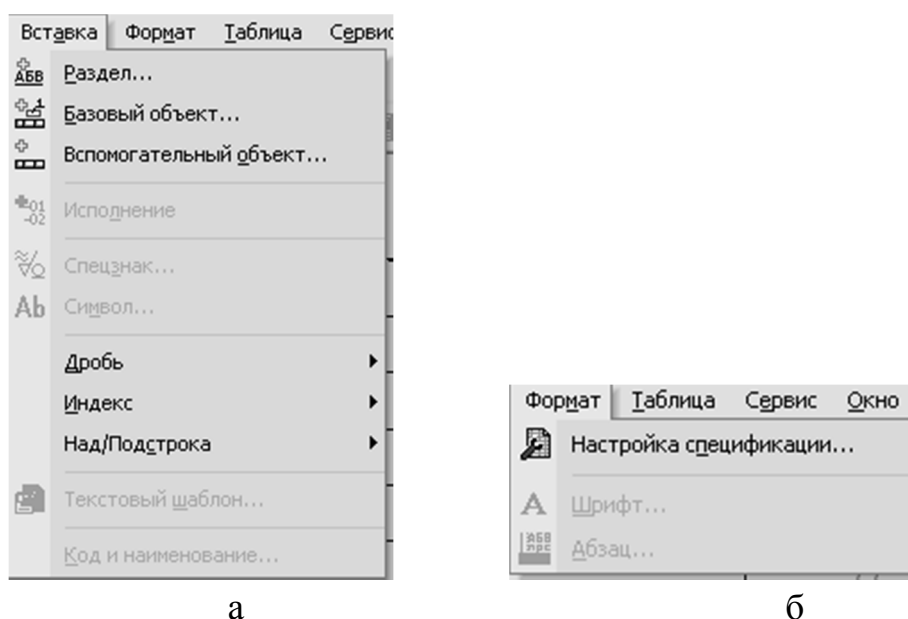


Рисунок 15.3 – Випадні меню **«Вставка»** (а) і **«Формат»** (б)

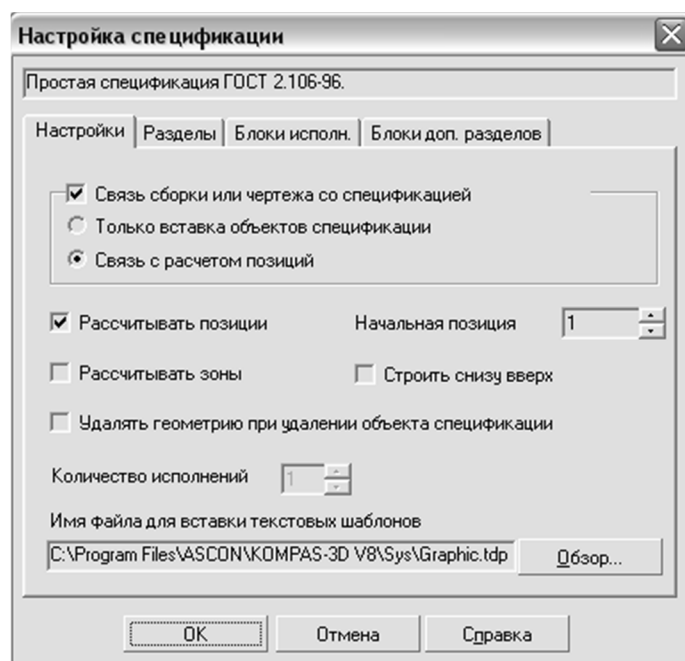


Рисунок 15.4 – Діалогове вікно **«Настройка спецификации»** з відкритою вкладкою **«Настройка»**

Меню **«Таблица»** викликає випадне меню, що складається з одного пункту **«Слияние ячеек»**, яке, зі свого боку, розділяється на два меню: **«Слева»** і **«Справа»**.

### 15.3 Панель «Вид» у режимі створення специфікації

Панель інструментів **«Вид»** (рис. 15.5) включає ряд специфічних кнопок, властивих тільки цьому режиму:

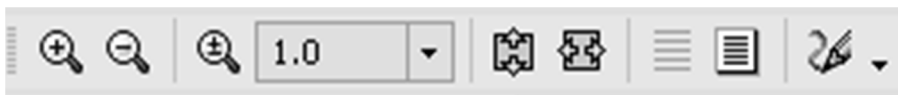






Рисунок 15.5 – Панель інструментів **«Вид»** у режимі специфікації

 **«Масштаб по высоте листа»** – змінює відображення поточного документа так, щоб він вміщувався у вікні за висотою;

 **«Масштаб по ширине листа»** – змінює відображення поточного документа так, щоб він вміщувався у вікні за шириною;

 **«Нормальный режим»** – дає змогу встановити такий режим відображення, при якому не показуються рамка і штамп документа;


 **«Разметка страниц»** – дає змогу встановити режим розмітки сторінок, при якому чітко показуються рамка і штамп документа.


### 15.4 Панель «Текущее состояние» у режимі створення специфікації


На панелі інструментів **«Текущее состояние»** (рис. 15.6) також є специфічні кнопки:





Рисунок 15.6 – Панель інструментів **«Текущее состояние»**

 **«Текущая страница»** – поле, в якому відображається номер сторінки, на якій знаходиться курсор. Для переходу на іншу сторінку введіть її номер і натисніть клавішу <Enter>;

 **«Проставлять позиции»** – вмикає та вимикає можливість проставлення позиції;

 **«Подключать геометрию»** – підключає геометрію креслення до позицій специфікації;

 «*Автоматическая сортировка*» – під час запуску команди система проводить сортування позицій;

 «*Количество резервных строк*» – відображається кількість резервних рядків у поточному розділі.



## 15.5 Компактна панель інструментів у режимі створення специфікації


Вид **Компактної панелі** в режимі створення специфікації поданий на рисунку 15.7. Панель складається з двох частин. Кожна з трьох перших кнопок-перемикачів розкриває свою панель інструментів у другій частині. За замовчанням розкрита панель інструментів «*Спецификация*».





Рисунок 15.7 – Компактна панель з увімкненою панеллю «*Спецификация*»


Розглянемо її головні кнопки, що не стосуються тривимірних моделей:

 «*Управление сборкой*» – включає режим керування збіркою;  
 «*Расставить позиции*» – дає змогу розставити номери позицій, якщо їх порядок сортування порушився;


 «*Показать состав объекта*» – дає змогу виділити об'єкти, що входять до складу виділеного об'єкта специфікації;


 «*Показать все объекты*» – включає режим, при якому на екрані відображаються всі об'єкти специфікації;


 «*Редактировать состав объекта*» – дає змогу змінити склад об'єктів креслення, що належать виділеному базовому об'єкту специфікації;


 «*Добавить базовый объект*» – створює новий рядок у розділі специфікації;

**Примітка:** Для швидкого переходу до команди натисніть клавішу <Insert>.

 «*Добавить вспомогательный объект*» – дає змогу створити новий розділ;

 «*Добавить раздел*» – викликає на екран діалогове вікно **Виберіть розділ** для створення нового розділу;

 «*Добавить исполнения*» – викликає діалогове вікно, в якому вказують варіанти у разі групового виконання з суфіксом 01, 02, 03 тощо;

 «*Настройка спецификации*» – викликає на екран діалогове вікно «*Настройка спецификации*» (див. рис. 15.4).

### 15.5.1 Компактна панель із відкритою панеллю «Форматирование»


Клацніть ЛК миші по кнопці «Форматирование»  і розкриється в другій частині однойменна панель (рис. 15.8). Вона не активна (має блідий вигляд), якщо не введено об'єкт специфікації (розділ). На панелі «Форматирование» можна задати: тип шрифту, його висоту в міліметрах, звуження символів, крок рядків, зображення тексту, колір тексту, вирівнювання, аналогічні до кнопок під час створення тексту.



Рисунок 15.8 – Компактна панель із відкритою панеллю «Форматирование»

### 15.5.2 Компактна панель з відкритою панеллю «Вставка в текст»




Компактна панель з активізованою кнопкою «Вставка в текст»  (рис. 15.9) нічим не відрізняється від аналогічної панелі інструментів у разі вставки в текст. Багато кнопок, які співпадають із кнопками **Панелі властивостей** у режимі введення тексту під час створення креслення та фрагмента.



Рисунок 15.9 – Компактна панель з відкритою панеллю «Вставка в текст»

Наведемо опис кнопок, що відповідають особливості режиму специфікації:

 «**Загрузить блок**» – дає змогу вставити блок тексту. Викликає на екран діалогове вікно «**Выберите файл для открытия**» для вибору файла з розширенням у вигляді: \*.txt або \*.kdw;

 «**Вставить текстовый шаблон**» – дає змогу вставити текстовий шаблон з діалогового вікна «**Текстовые шаблоны**»;

 «**Спецзнак**» – викликає на екран діалогове вікно «**Спецзнак**»;

 «**Символ**» – викликає на екран діалогове вікно «**Символ**».



## 15.6 Панель властивостей у режимі створення специфікації


Панель властивостей у режимі створення специфікації стає активною після введення розділу в специфікацію (рис. 15.10).


Вона має чотири вкладки: *«Параметры»*, *«Документы»*, *«Формат»* і *«Вставка»*. На панелі спеціального керування є дві кнопки: *«Создать объект»* і *«Прервать команду»*.



Рисунок 15.10 – Панель властивостей у режимі створення специфікації

Вкладка *«Параметры»* має кнопки-вікна *«Тип»*, *«Раздел»*, *«Имя подраздела»*, *«Номер подраздела»* і кнопки-команди:

 *«Позиция объекта возрастает»* – дає змогу вказати, чи повинен номер позиції певного об'єкта бути на одиницю більше, ніж номер попередній;

 *«Показывать объект в таблице»* – показує об'єкт у таблиці специфікації (робить його видимим або невидимим);

 *«Показывать позицию»* – показує позицію;

 *«Объект является исполнением»*;

 *«Размещать на новом листе»*.

Вкладки *«Формат»* та *«Вставка»* аналогічні вкладкам Панелі властивостей в режимі введення тексту у процесі створення креслення чи фрагмента.

## 15.7 Створення розділу специфікації у файлі збірного креслення

*Створення розділу специфікації у файлі*, наприклад на створеному вже кресленні (рис. 15.11). Для цього виконайте такі дії:

1) у рядку **меню** клацніть ЛК по пункту *«Спецификация»*, а потім у випадному меню виберіть пункт *«Добавить объект»*. На екрані з'являється діалогове вікно *«Выберите раздел и тип объекта»* (рис. 15.12);

2) у діалоговому вікні виберіть розділ *«Детали»*;

3) натисніть ЛК миші кнопку *«Создать»*. На кресленні з'явиться діалогове вікно *«Объект спецификации»* з миготливим курсором у першій комірці (рис. 15.13). Викликати діалогове вікно можна подвійним клацанням ЛК миші по пункту *«Добавить объект»*.

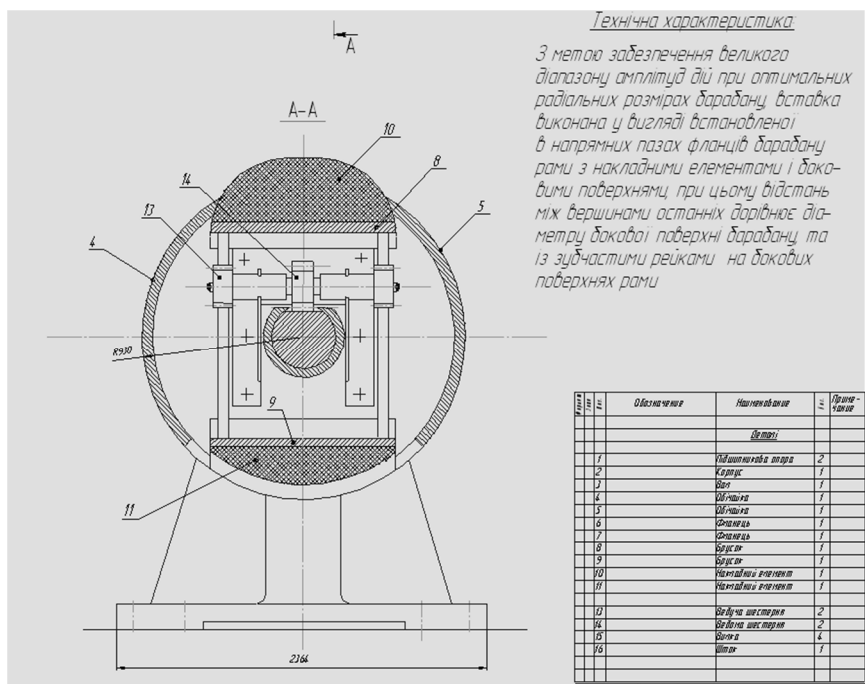


Рисунок 15.11 – Креслення зі створеною специфікацією

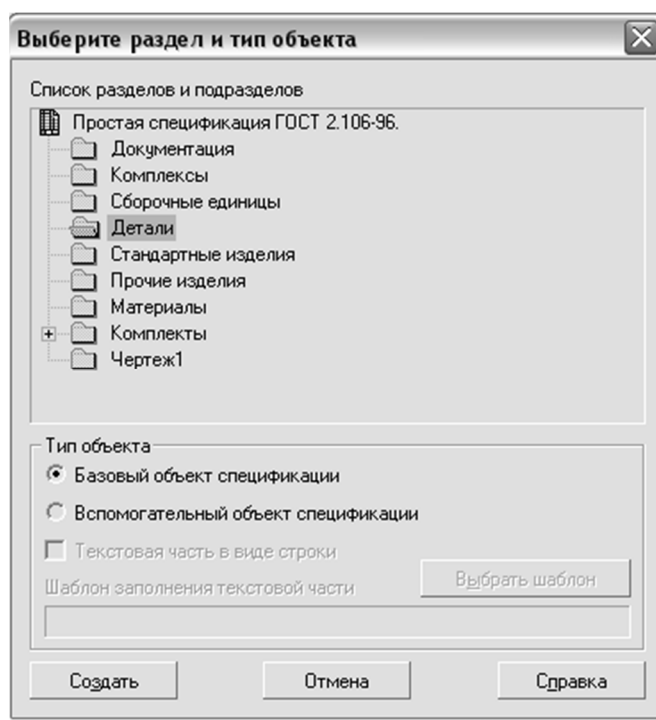


Рисунок 15.12 – Діалогове вікно «**Выберите раздел и тип объекта**»

Объект спецификации					
Формат	Знач	Паз	Обозначение	Наименование	Кол
/		1			1
<div> <div>OK</div> <div>Отмена</div> <div>Справка</div> </div>					

Рисунок 15.13 – Діалогове вікно «**Объект спецификации**»

1) у комірку **«Формат»** із клавіатури вводять формат креслення, наприклад А4, і натискають три рази клавішу <Tab> для переходу в іншу комірку. Комірка **«Зона»** не заповнюється, а номер позиції система вже вставила, тому потрібно перейти через дві комірки;

2) у комірку **«Обозначение»** вводять номер деталі;

3) у комірку **«Найменування»** вводять назву деталі;

4) натисніть кнопку **ОК**. Рядок бланка зникає. Об'єкт специфікації доданий у файл креслення, але на кресленні поки нічого не видно.

**Для перегляду об'єктів специфікації:**

– у рядку **меню** клацніть ЛК за пунктами **«Спецификация»** ➤ **«Спецификация на листе»** ➤ **«Показать»**. Встановить прапорець **«Показать»**. У кресленні над штампом з'явиться заповнений розділ специфікації. Повторне клацання по цьому пункту усуває розділ специфікації з креслення;

– якщо необхідно **додати ще позиції**, то потрібно виконати таке:

– з Рядка **меню** викличте команду **«Спецификация»** ➤ **«Редактировать объекты»**. Система виводить на екран бланк специфікації з введеною позицією (рис. 15.14);

– виділить ЛК рядок із уведеним об'єктом специфікації:

1) на Компактній панелі натисніть кнопку **«Добавить базовый объект»**;

2) на бланку специфікації з'являється новий рядок із позицією 2:

– натиснути кнопку **«Создать объект»**;

– клацнути кнопку **«Закрыть бланк спецификации»**. Вікно закривається, і новий об'єкт специфікації введений у креслення.

За необхідністю **об'єкт специфікації можна розмістити в іншому місці креслення**. Для цього виконайте такі дії:

– у рядку **меню** клацніть ЛК за пунктами **«Спецификация»** ➤ **«Спецификация на листе»** ➤ **«Размещение»**. Об'єкт специфікації виділиться пунктирною лінією. Курсор перетвориться в чотирибічну стрілку;

– натисніть ЛК і, не відпускаючи її, зрушуйте об'єкт;

– для фіксації специфікації на **Панелі властивостей** натисніть кнопку **«Прервать команду»**.

## 15.8 Редагування текстової частини

Якщо створена специфікація, відкрийте її знову. Зверніть увагу на чорну смугу у верхній частині бланка та на напис у **Рядку повідомлень**:

введіть або відредагуйте об'єкт специфікації. Зазвичай після створення специфікації (особливо у разі недостатності досвіду) необхідно її корегувати.

Для успішного коригування рекомендується таке:

- для переміщення по рядках натискайте клавіші **«Вверх/Вниз»** ↑/↓ на додатковій клавіатурі;
- для входу в режим редагування текстової частини об'єкта специфікації двічі клацніть ЛК по рядку або виділіть рядок клацанням ЛК і натисніть клавішу <Enter>. Переміщення по рядку вправо клавішею <Tab>, а переміщення в напрямі справа наліво – поєднанням клавіш <Shift> + <Tab>;
- для створення порожнього (резервного) рядка в середині розділу скористайтесь кнопкою **«Создать вспомогательный объект»** або клацніть ЛК рядком нижче та виділіть його. Система створить об'єкт специфікації після виділеного рядка;
- під час введення символів у комірки відбувається автоматичний підбір звуження. Якщо читання тексту в рядку ускладнене через сильне звуження, перенесіть частину тексту, натиснувши клавішу <Enter>.

**Для усунення об'єкта специфікації** виконайте таке:

- виділіть об'єкт;
- з рядка **меню** викличте команду **«Редактировать»** ➤ **«Удалить объект»** або натисніть клавішу <Delete>. На екрані з'явиться діалогове вікно із запитом на підтвердження усунення;
- натисніть кнопку **«Да»**.

Скасувати усунення неможливо і у разі усунення об'єктів із розділу віддаляється сам розділ.

## 15.9 Налаштування специфікації

Специфікацію налаштовують у момент її створення. Для цього виконайте такі дії:

- з рядка **меню** клацніть ЛК за пунктами **«Сервис»** ➤ **«Параметры»**. На екрані з'явиться діалогове вікно **«Параметры»** (рис. 15.14) на вкладці **«Текущая спецификация»**. У лівій частині вкладки розташовуються елементи, клацання по яких ЛК миші викликає відповідну панель. У правій частині, залежно від вибраного елемента, з'являється відповідна панель для установлення необхідних параметрів. У цьому разі випадку за замовчанням вона відкрита на пункті **«Стиль»**;

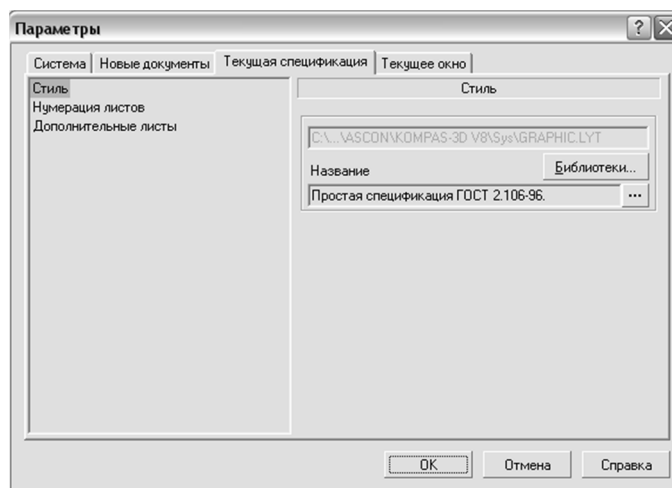


Рисунок 15.14 – Діалогове вікно «**Параметры**» з відкритою вкладкою «**Текущая спецификация**» і панеллю «**Стиль**»

– клацніть ЛК по кнопці з трьома точками праворуч від назви «**Простая спецификация ГОСТ 2.106-96.**». Система виведе на екран діалогове вікно «**Выберите стиль оформления**» (рис. 15.15), де можна вибрати будь-який стиль оформлення;

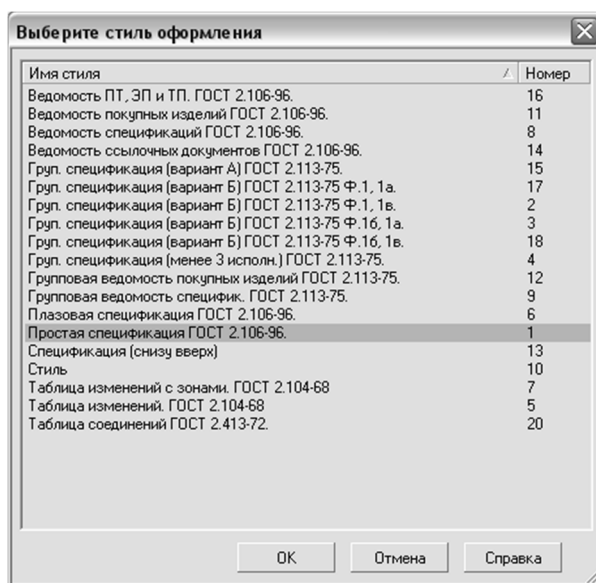


Рисунок 15.15 – Діалогове вікно «**Выберите стиль оформления**»

– клацніть ЛК по пункту «**Нумерация листов**». У правій частині з'явилася панель «**Нумерация листов**» (рис. 15.16), де можна задати неавтоматичну нумерацію аркушів, знявши прапорці у відповідних вікнах, і змінити номер першого аркуша.

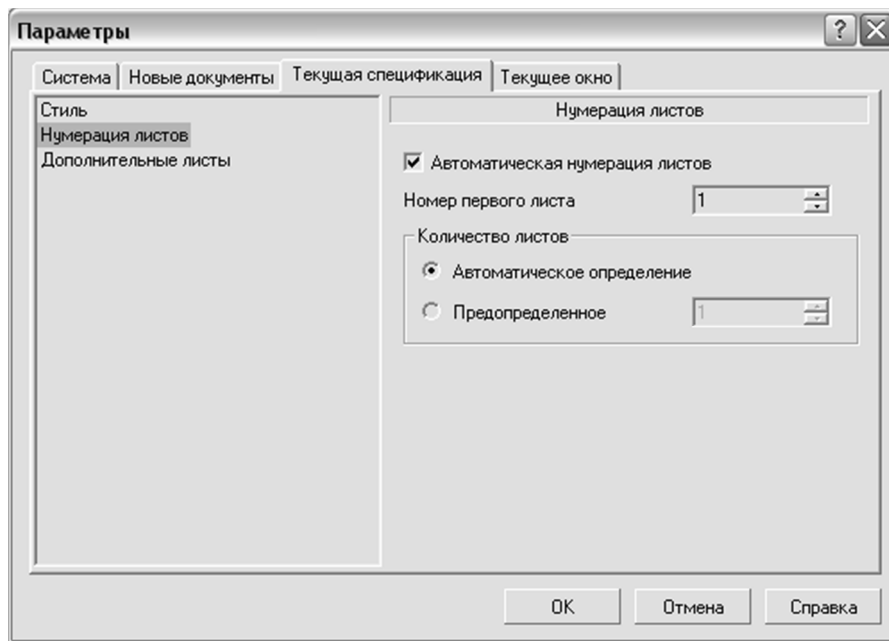


Рисунок 15.16 – Діалогове вікно «*Параметры*» з відкритою вкладкою «*Текущая спецификация*» і панеллю «*Нумерация листов*»

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке специфікація?
2. Як здійснити перехід у режимі створення специфікації.
3. Як змінити масштаб аркуша специфікації?
4. Як встановити «нормальный режим» специфікації або режим «разметка страниц»?
5. Які операції в режимі специфікації можна здійснювати за допомогою панелі «*Текущее состояние*»?
6. З яких панелей складається **Компактна панель** інструментів у режимі створення специфікації?
7. Як додати об'єкт або розділ специфікації у файлі збірною креслення?
8. Як можна налаштувати специфікацію?

## 16 БІБЛІОТЕКИ СИСТЕМИ. ПІДКЛЮЧЕННЯ БІБЛІОТЕК

### 16.1 Бібліотека як додаток системи КОМПАС-3D

Бібліотека системи КОМПАС-3D – це додаток, створений для розширення можливостей цієї системи та поставляється разом із системою. Типові приклади таких бібліотек: бібліотека **КОМПАС** (містить команди побудови геометричних фігур, отворів тощо) і бібліотека **Constr** (стандартних машинобудівних елементів і кріплення). Отже, під час створення креслень деталей за допомогою бібліотеки можна вставити типові або конструктивні елементи (різьбові отвори, проточки під різьби, канавки), а для прискорення створення збірних креслень можна вставити стандартні вироби (гвинти, болти, гайки тощо). Система також підтримує роботу з декількома бібліотеками, в тому числі з *прикладними*, такими як система проектування **КОМПАС-SPRING** (пружин різних виглядів), бібліотекою проектування тіл обертання **КОМПАС-SHAFT Plus** (валів і осей).

Швидкість виконання бібліотечних функцій залежить від характеристик комп'ютера (від встановленого процесора, об'єму оперативної пам'яті тощо). Режим роботи з бібліотекою («Окно», «Диалог», «Меню» або «Панель») встановлює користувач у момент підключення бібліотеки.

### 16.2 Діалогове вікно Менеджер бібліотек

Для виклику бібліотек є спеціальне діалогове вікно «*Менеджер библиотек*». Викликати вікно «*Менеджер библиотек*» із Головного вікна системи можна двома способами:

- з рядка **меню**, клацнувши ЛК миші по пункту «Сервис» ➤ «*Менеджер библиотек*»;

- на панелі інструментів «Стандартная», клацнувши ЛК миші по кнопці «*Менеджер библиотек*» .

Система виведе на екран діалогове вікно «*Менеджер библиотек*» (рис. 16.1), призначене для керування бібліотеками. За його допомогою можна підключати, відключати й запускати бібліотеки, вибирати режим їхньої роботи.

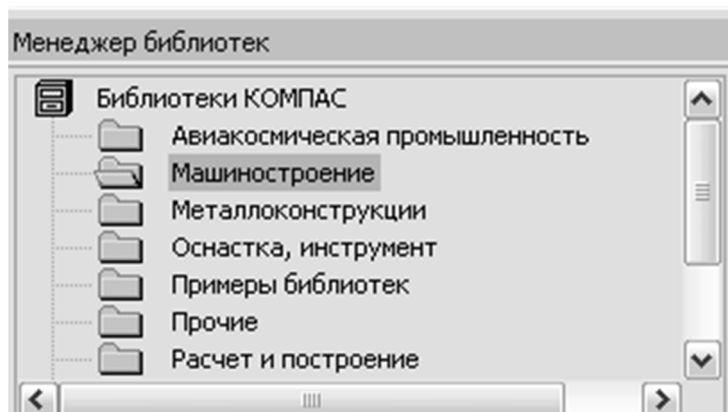


Рисунок 16.1 – Діалогове вікно «*Менеджер библиотек*»

Коли діалогове вікно «*Менеджер библиотек*» знаходиться в «плаваючому» режимі, щоб прикріпити його, наприклад, до нижньої межі екрану, виконайте таке:

- помістіть курсор на заголовок вікна;
- натисніть ЛК і, не відпускаючи її, перемістіть у потрібну частину екрану.

Крім того, можна діалогове вікно розширити або звузити. Для цього виконайте такі дії:

- підведіть курсор до будь-якої лінії межі вікна до появи двонаправленої стрілки;
- натисніть ЛК і, не відпускаючи її, перемістіть лінію межі.

Для зручності роботи діалогове вікно розташовують у нижній частині екрану над **Панеллю властивостей** у розгорненому вигляді (рис. 16.2).

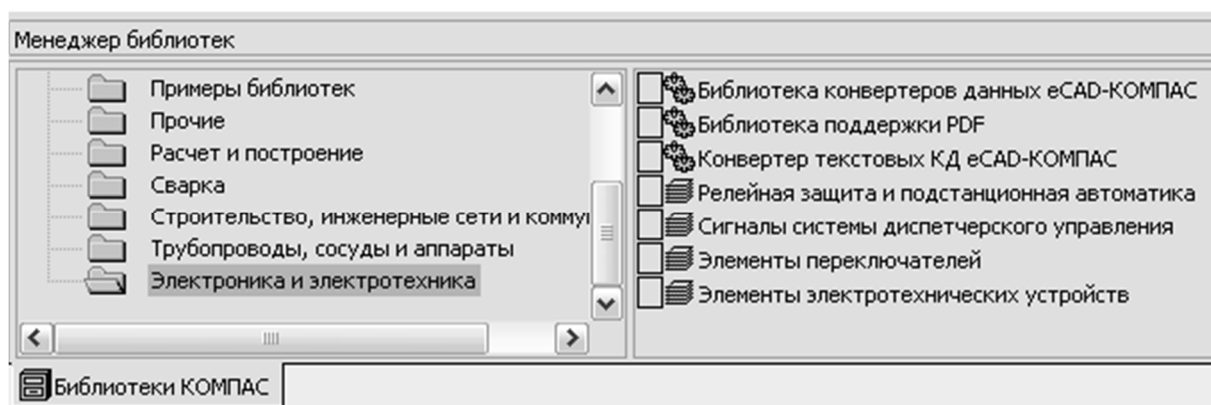



Рисунок 16.2 – Діалогове вікно «*Менеджер библиотек*» у розгорнутому вигляді з відкритим розділом «*Электроника и электротехника*»



Діалогове вікно *«Менеджер библиотек»* можна подати у вигляді спливаючого вікна. Для цього виконайте таке:

- натисніть ЛК у рядку **Заголовок** на кнопку *«Прикрепление»* , як у **Панелі властивостей**. Вікно згорнеться, а в нижній частині екрану з’явиться панель *«Менеджер библиотек»*;

- для відновлення вікна підведіть курсор до цієї панелі, з’явиться діалогове вікно.

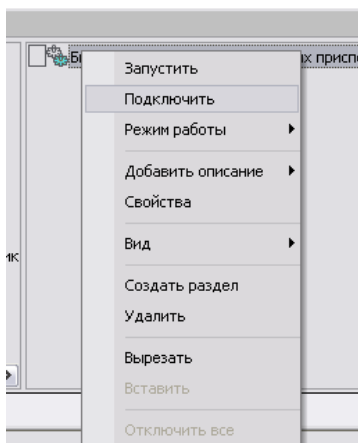
Діалогове вікно *«Менеджер библиотек»* складається з двох вкладок. У лівій частині відображаються папки розділів бібліотек. Усі вони відображаються блакитним кольором. Щоб їх проглянути, скористайтесь повзунком цього вікна. При розкритті папки розділу (для цього потрібно клацнути по ній ЛК миші) у правій частині розкривається зміст цього розділу. Наприклад, у лівій частині вікна клацніть ЛК по розділу *«Электроника и электротехника»*. У правій частині розкриється список бібліотек (рис. 16.2).

Підключити будь-яку бібліотеку можна трьома способами.

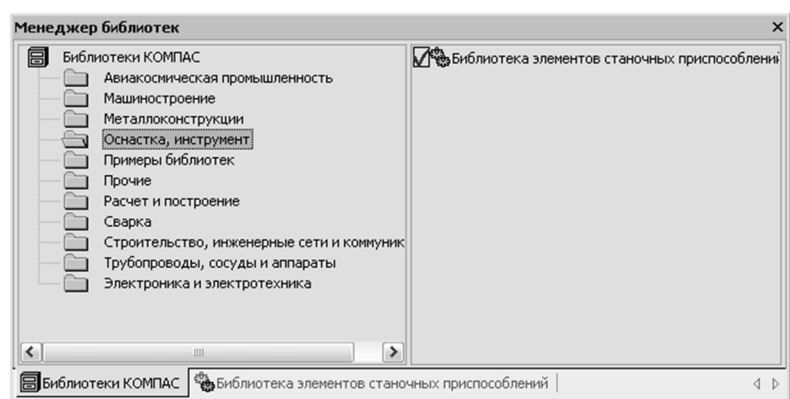
**Перший спосіб** – виділить ЛК назву бібліотеки, наприклад *«Оснастка, инструмент»*, а потім, натиснувши ПрК, викличе контекстне меню (рис. 16.3, а). З контекстного меню викличе команду *«Подключить»*;

**Другий спосіб** – клацніть двічі ЛК миші по пункту з назвою *«Библиотека элементов станочных приспособлений»*;

**Третій спосіб** – ЛК миші поставити у вікні перед назвою червоний прапорець (рис. 16.3, б).



а



б

Рисунок 16.3 – Підключення бібліотеки *«Библиотека элементов станочных приспособлений»* у відкритому розділі *«Оснастка, инструмент»*:

*а – за допомогою контекстного меню;*

*б – встановленням прапорця навпроти назви бібліотеки*

Розкриється вкладка **«Библиотека элементов станочных приспособлений»** із двох частин: у лівій частині зміст бібліотеки, а в правій частині – папки з видами електротехнічних елементів (рис. 16.4):

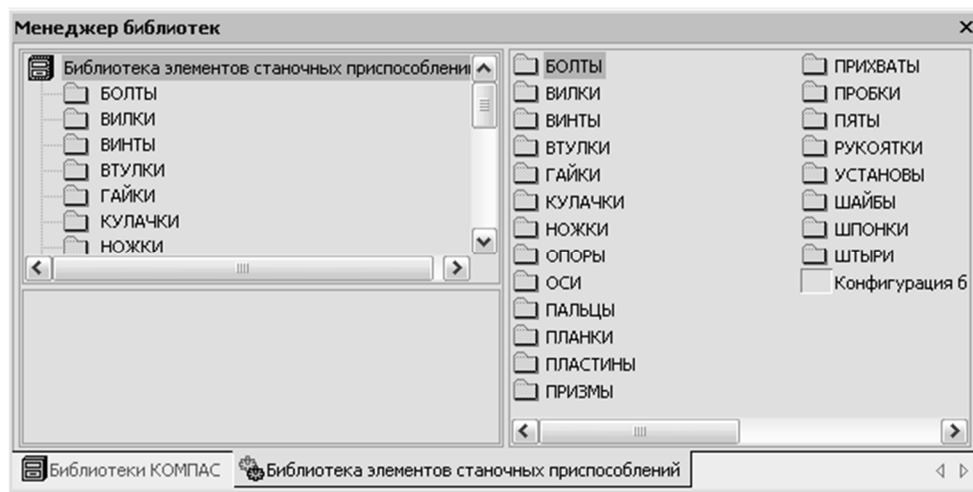


Рисунок 16.4 – Вкладка **«Библиотека элементов станочных приспособлений»** у діалоговому вікні **«Менеджер библиотек»**

- у лівій частині клацніть ЛК миші по знаку «+», наприклад перед розділом **«Гайки»**. У правій частині відкриється список елементів;
- підведіть курсор до найменування, наприклад **«Гайка с рукояткою ГОСТ 13426-68»** і клацніть ПК миші. Розкриється контекстне меню (рис. 16.5), де можна вибрати вигляд значка і режим його роботи;
- у правій частині двічі клацніть ЛК по найменуванню: **«Гайка с рукояткою ГОСТ 13426-68»** – на екрані з’явиться діалогове вікно **«Гайка с рукояткою ГОСТ 13426-68»** (рис. 16.6). З діалогового вікна можна вставити цей кріпильний елемент у креслення, але краще й простіше вставити кріпильний елемент із панелі інструментів;

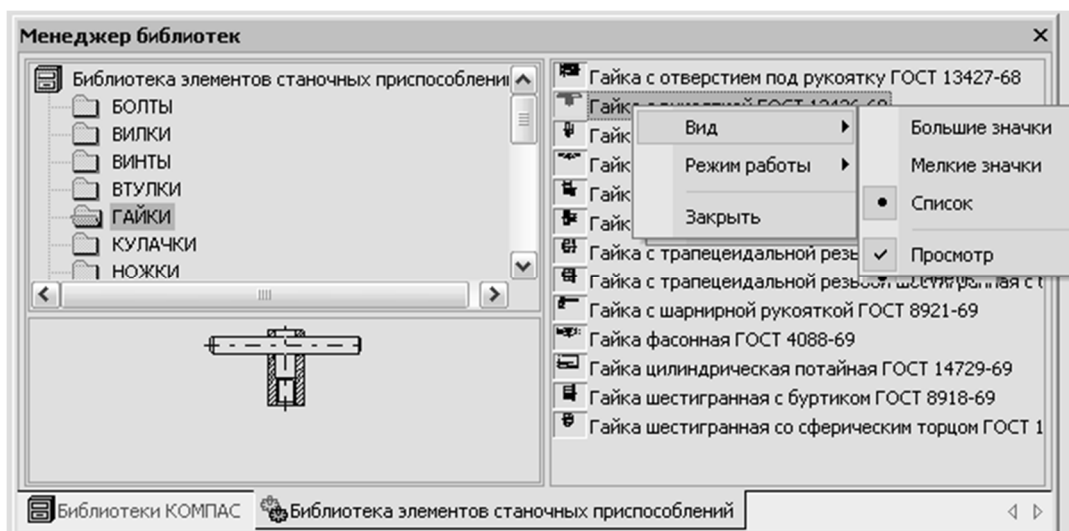


Рисунок 16.5 – Розділ **«Гайки»** і контекстне меню конструктивного елемента

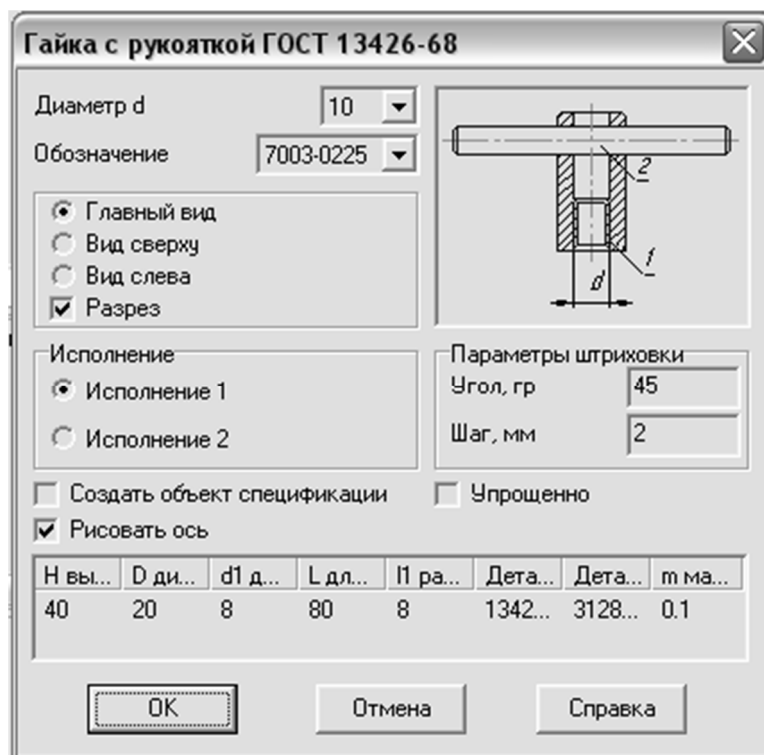


Рисунок 16.6 – Діалогове вікно «Гайка с рукояткой ГОСТ 13426-68»


– для переходу до основного списку бібліотек натисніть ЛК на неактивній вкладці «**Библиотеки КОМПАС**». Вона стане активною, і в лівій частині з’явиться список бібліотек, до того ж вкладка «**Оснастка, инструмент**» матиме сірий колір, а «**Библиотека элементов станочных приспособлений**» – червоний прапорець. Це означає, що бібліотека підключена до системи;

– коли відкрито багато бібліотек, то для переміщення по вкладках натискають ЛК миші або на трикутники переміщення вправо і вліво у правій чи лівій нижній частині вкладок;

– натисніть на кнопку «**Закрыть**», і діалогове вікно «**Менеджер библиотек**» закриється, або клацніть ЛК по кнопці «**Менеджер библиотек**» на Стандартній панелі інструментів.

### 16.3 Підключення бібліотек

КОМПАС-3D підтримує роботу одночасно з декількома бібліотеками. Але не всі бібліотеки підключені чи додані для роботи в системі. Для підключення бібліотеки виконайте такі дії:

– викликайте діалогове вікно «**Менеджер библиотек**», натиснувши однойменну кнопку-команду .

– у вікні виділити потрібну бібліотеку, наприклад **Бібліотеку електродвигунів**, і в контекстному меню виберіть команду **«Добавить описание»** ➤ **«Прикладной библиотеки»** (рис. 16.7). З’явиться діалогове вікно **«Добавить библиотеку»** (рис. 16.8).

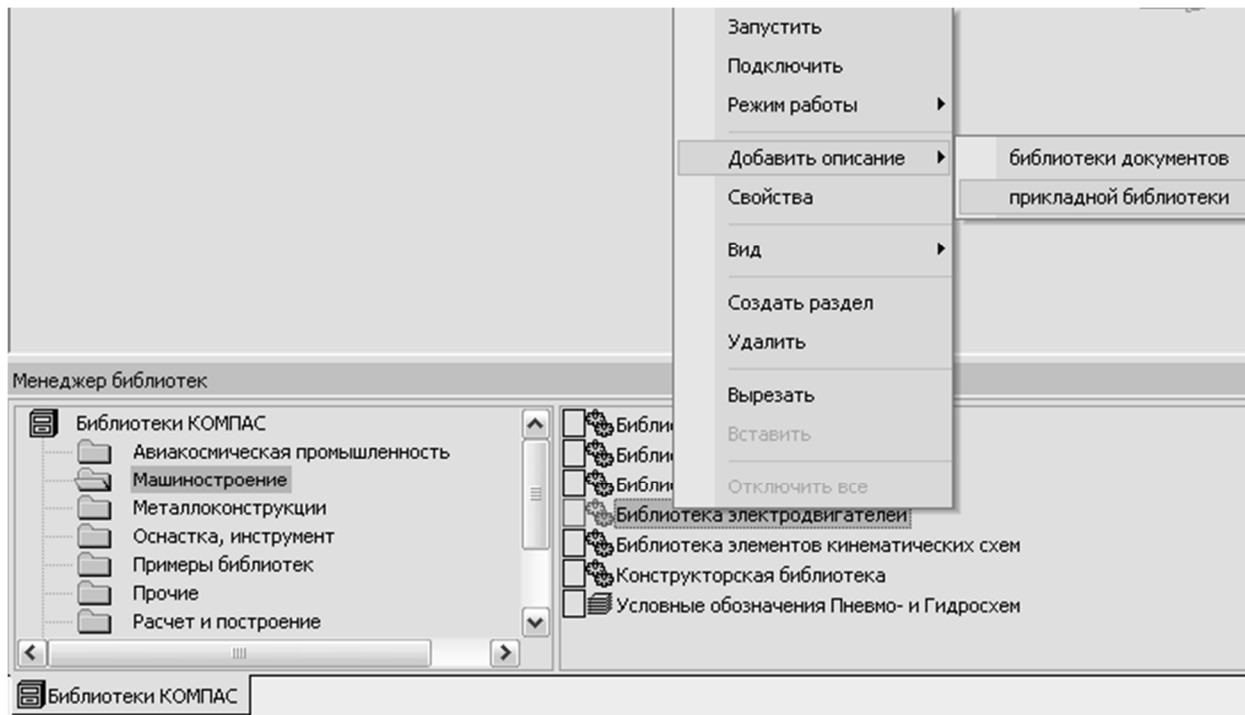


Рисунок 16.7 – Виклик діалогового вікна **«Добавить библиотеку»** через контекстне меню

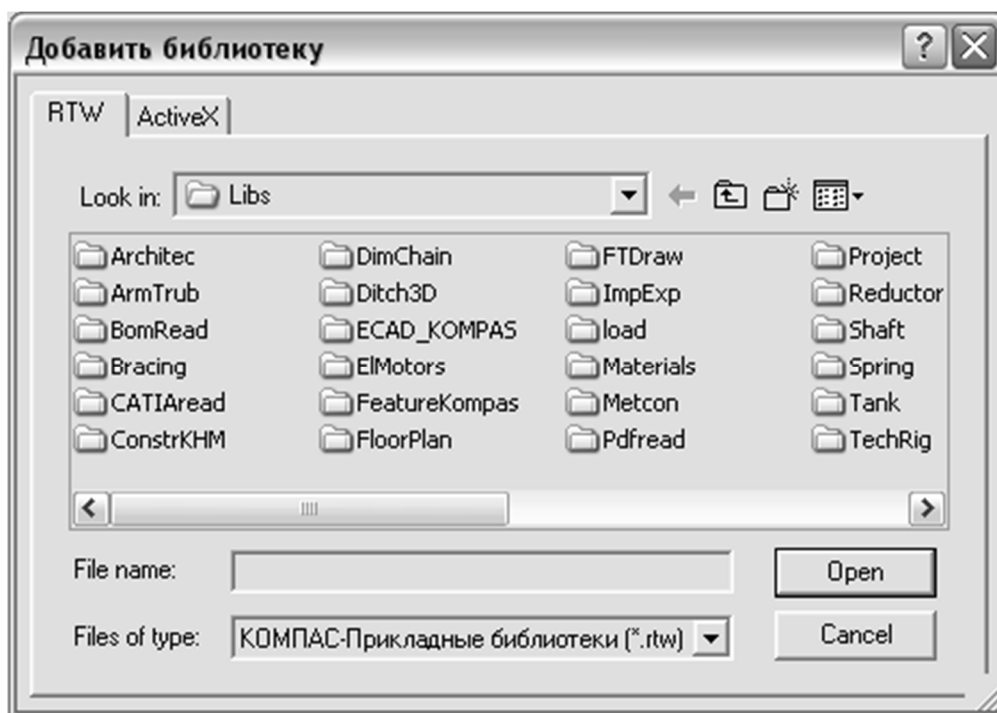


Рисунок 16.8 – Діалогове вікно **«Добавить библиотеку»**

- у вікні **«Добавить библиотеку»** клацніть двічі ЛК миші по імені прикладної бібліотеки **EIMotors**. У вікні залишиться тільки ця бібліотека;
- клацніть двічі по імені цієї бібліотеки. З'явиться діалогове вікно **«Свойства библиотеки»** (рис. 16.9);

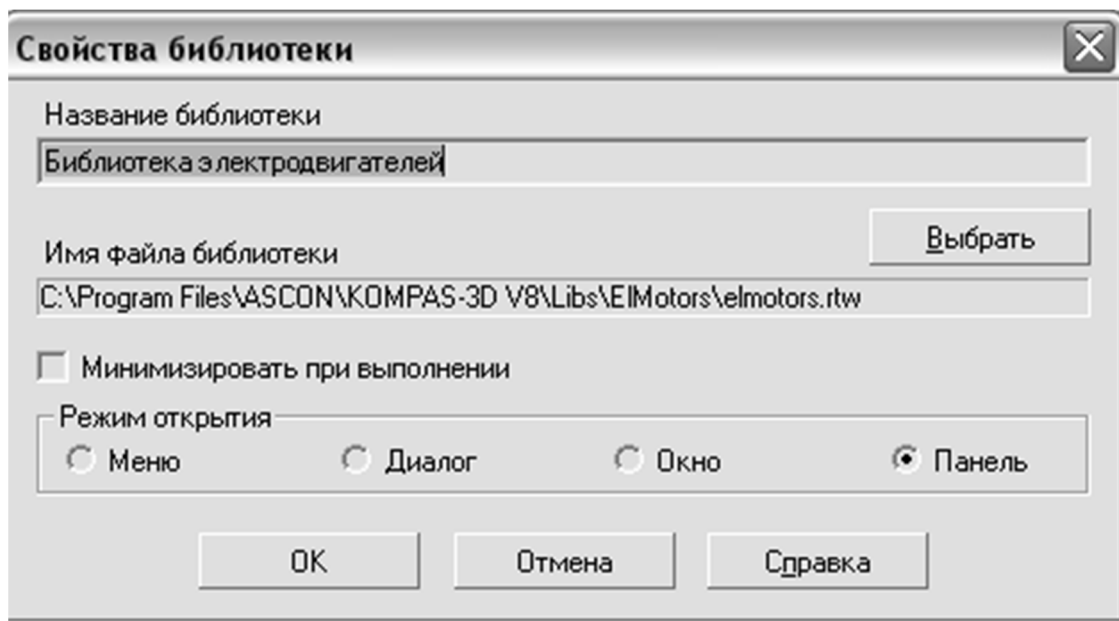


Рисунок 16.9 – Діалогове вікно **«Добавить библиотеку»**

- у вікні встановіть потрібний режим відкриття (**«Меню»**, **«Диалог»**, **«Окно»**, **«Панель»**) у розділі **«Режим открытия»**. На погляд автора, краще встановити режим роботи **«Окно»**;
- клацніть по кнопці **ОК**. На екрані з'явиться діалогове вікно **«Библиотека электродвигателей»**;
- далі клацніть ЛК по знаку **«+»** для розгортання потрібного розділу (наприклад **«Постоянного тока»**), де вибираємо необхідний тип подвійним клацанням ЛК миші. На екрані з'явиться діалогове вікно зі списком потрібних електродвигунів. Виділіть потрібний двигун і вигляд. Натисніть **ОК**. Зображення двигуна автоматично вставлено на аркуш креслення.

#### 16.4 Режимы работы библиотеки

Система КОМПАС–3D забезпечує чотири режими роботи з підключеною бібліотекою:

1. **Меню** – у цьому разі структура бібліотеки відображається у вигляді стандартного ієрархічного меню.
2. **Диалог** – це відображення бібліотеки у вигляді діалогового вікна.

3. **Вікно** – у цьому разі структура бібліотека відображається у вигляді стандартного вікна Windows.

4. **Панель** – у цьому разі структура бібліотеки подана у вигляді панелі.

Для зміни режиму прикладної бібліотеки виконайте такі дії:

- викличте на екран вікно **«Менеджер библиотек»**;
- розкрийте потрібний пункт, наприклад **«Оснастка, инструмент»**;
- у правій частині вікна підведіть курсор до будь-якої підключеної бібліотеки;
- натисніть ПрК миші й викличте контекстне меню (див. рис. 16.3 і 16.7);
- у контекстному меню перейдіть на пункт **«Режим работы»**. Розкриється список режимів роботи, режим роботи за замовчанням відмічений прапорцем;
- клацніть ЛК по вибраному режиму роботи. Цей режим буде встановлений;
- закрийте вікно **«Менеджер библиотек»**.

Запуск бібліотеки залежить від встановленого режиму роботи. Якщо використовується режим **Меню**:

- у рядку **меню** підведіть курсор до пункту **«Библиотеки»**. Він розкриється у вигляді випадного списку підключених бібліотек (рис. 16.10). До того ж під номером один завжди підключена бібліотека **«Материал»**;

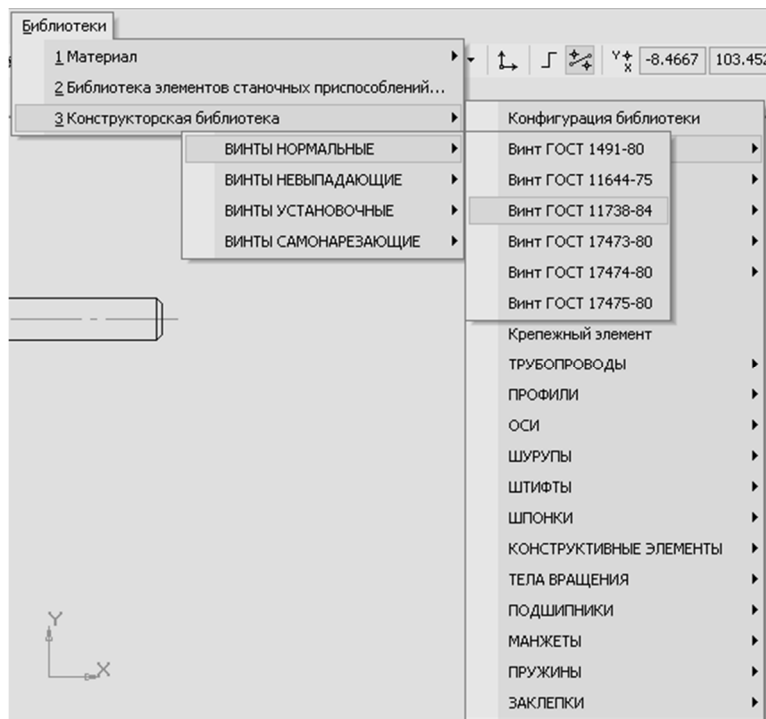


Рисунок 16.10 – Випадне меню пункту **«Библиотеки»** з відкритою **«Конструкторской библиотекой»**

– у рядку **меню** підведіть курсор до пункту «Сервис». У випадному списку зверніть увагу на активний пункт «**Выгрузить все библиотеки**». Якщо клацнути по ньому ЛК, то всі бібліотеки будуть відключені (рис. 16.11).

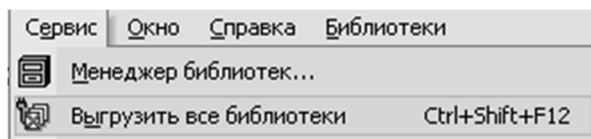


Рисунок 16.11 – Відключення бібліотек

### 16.5 Робота з бібліотекою «Материал»

Для вставлення потрібного матеріалу в креслення або його пошуку виконайте такі дії:

– з рядка **меню** виберіть пункт «**Библиотеки**» ➤ «**Материал**». Розкриється випадне меню;

– у цьому меню клацніть ЛК миші по пункту «**Выбрать материал**». На екрані з'являється діалогове вікно «**Выбор материала**». За замовчанням в центральному вікні немає вибраного матеріалу (рис. 16.12);

– тому натисніть кнопку «**Больше**» і чекайте, поки на екрані з'явиться діалогове вікно «**Библиотека материалов и сортов 1.2**» (рис. 16.12).

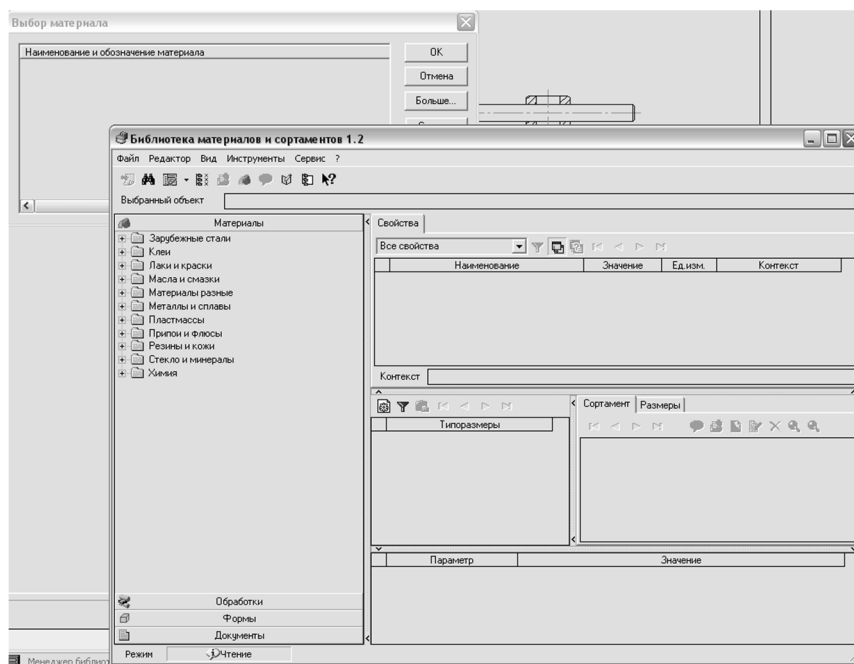


Рисунок 16.12 – Діалогові вікна «**Выбор материала**» і «**Библиотека материалов и сортов 1.2**»

«**Библиотека материалов и сортаментов 1.2**» містить списки конструкційних матеріалів по марках і сортаментах, а також списки інших матеріалів, які використовують у машинобудуванні: лаків і фарб, змащувальних матеріалів, технічних рідин тощо. Можна також проводити пошук матеріалів і сортamentів за позначенням матеріалу, за фізико-механічними властивостями. За допомогою цієї бібліотеки можна вставити позначення вибраного матеріалу в розроблювану документацію (креслення, специфікації), а також використовувати під час розрахунку масоцентровочних характеристик деталей.

Діалогове вікно «**Библиотека материалов и сортаментов 1.2**» є стандартним додатком Windows і має аналогічний зовнішній вигляд і елементи керування:

1) «**Заголовок**» з назвою програми, нижче якого розташований «**Строка меню**», і **Панель інструментів**;

2) у нижній частині вікна розташовано «**Строка состояния**»;

3) основне вікно розділене на дві панелі: **Панель вибору** і **Інформаційна панель**;

– **Панель вибору** містить такі вкладки: «**Материалы**», «**Обработки**», «**Формы**» і «**Документы**».

– головна вкладка «**Материалы**» містить класифікатор матеріалів з ієрархічним деревом вибору.

– **Інформаційна панель** розділена на вікна: «**Свойства**», «**Дополнительно для материала**», «**Типоразмеры**», «**Сортамент**», «**Размеры**» і «**Параметры объекта**».

Приклад використання «**Библиотеки материалов и сортаментов 1.2**», наведений на рисунку 16.13.

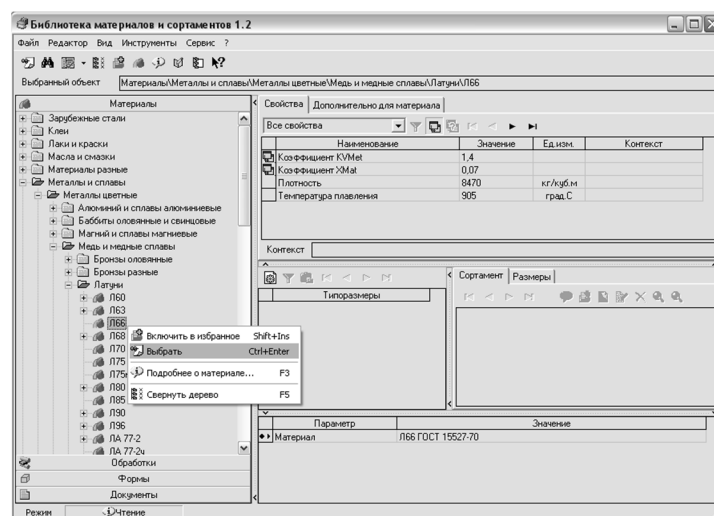



Рисунок 16.13 – Приклад використання діалогового вікна «**Библиотеки материалов и сортаментов 1.2**»



4) після того як вибрано потрібний матеріал для вставлення у креслення, натиснути на матеріалі ПрК миші, з'явиться контекстне меню, в якому клацніть ЛК по пункту **«Вибрати»** чи по кнопці **«Вибрати»** . Діалогове вікно **«Библиотеки материалов и сортаментов 1.2»** закриється, на екрані відновиться діалогове вікно **«Выбор материала»**, в центрі якого включений вибраний матеріал. У такий спосіб можна у вікно діалогового вікна ввести найчастіше вживані матеріали;

5) тепер для вставлення матеріалу в комірку **«Материал»** у розробленому кресленні у вікні **«Выбор материала»** двічі клацніть ЛК за вибраним матеріалом. Через декілька секунд система автоматично вставить позначення матеріалу в це креслення.

Абсолютно аналогічно вставляється у специфікації матеріал у комірку **«Наименование»**.

## 16.6 Панелі інструментів **«Конструкторской библиотеки»**

Для виклику панелей інструментів виконайте такі дії:

– у рядку **меню** розкрийте список панелей інструментів, натиснувши **«Вид»** ➤ **«Панели инструментов»**. У списку з'явилися чотири нові панелі інструментів: **«Профили»**, **«Конструктивные элементы»**, **«Крепёжные элементы»**, **«Крепёжные изделия»**;

– у розкритому списку панелей встановіть прапорці. Ці панелі будуть виведені на екран. Встановіть їх тимчасово в будь-якому місці екрану.

### 16.6.1 Панель інструментів **«Профили»**

За допомогою панелі інструментів **«Профили»** можна вставляти в креслення стандартні профілі, куточки. Панель інструментів **«Профили»** складається із таких кнопок-команд (рис. 16.14):

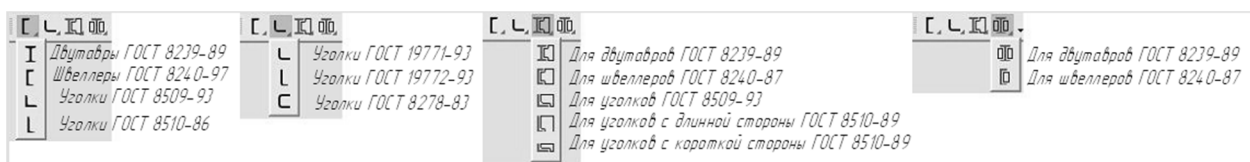


Рисунок 16.14 – Панель інструментів **«Профили»** з різними випадними меню

### 16.6.2 Панель інструментів «Конструктивные элементы»

За допомогою цієї панелі можна вставити в креслення такі конструктивні елементи: канавки для виходу шліфувального круга, місця під шестигранні головки болтів і гайки, місця під циліндрові головки гвинтів, канавки для виходу різьби, центровочні отвори й скоби для кріплення джгутів. У системі КОМПАС-3D ці елементи закладені в панель інструментів «*Конструктивные элементы*» (рис. 16.15), і вставити їх у креслення досить просто.



Рисунок 16.15 – Панель інструментів «*Конструктивные элементы*»

### 16.6.3 Панель інструментів «Крепёжные изделия»

У процесі розроблення збірного креслення зазвичай використовують стандартні елементи: гвинти, болти, гайки, шайби тощо.

Панель інструментів «*Крепёжные изделия*» (рис. 16.16) побудована за типом **Компактної панелі**. Вона є набором кнопок (кнопок-перемикачів) семи панелей інструментів в один ряд. Ці кнопки призначені для розкриття панелі інструментів у другій частині **Компактної панелі**. Для активізації будь-якої панелі необхідно клацнути ЛК по початковій кнопці, наприклад, «*Болты*». У другій частині розкриється панель з кнопками болтів по ДСТ. У разі натиснення на будь-яку з кнопок з'являється випадна панель із кнопками болтів інших ДСТ.

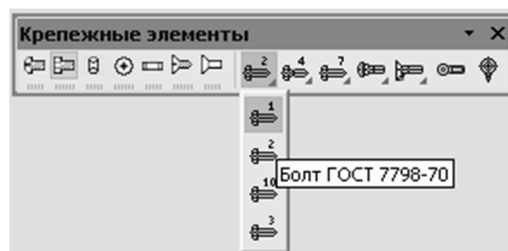


Рисунок 16.16 – Панель інструментів «*Крепёжные изделия*»

## 16.7 Бібліотека КОМПАС-SPRING

Для точнішого розрахунку пружин і підрисовування його креслення із заданими розмірами застосовується бібліотека КОМПАС-SPRING. Приклад виклику цієї бібліотеки наведено на рисунку 16.17:

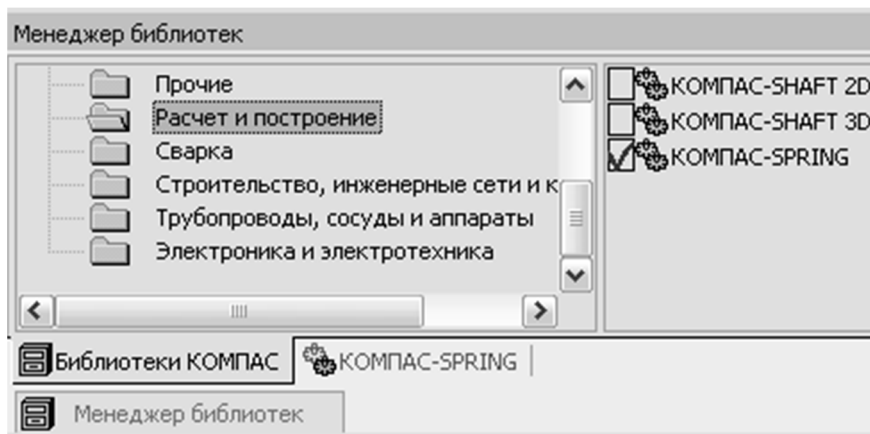


Рисунок 16.17 – Приклад виклику бібліотеки **КОМПАС-SPRING**

Із використанням режиму роботи «*Диалог*» система виведе на екран діалогове вікно **КОМПАС-SPRING** (рис. 16.18). У цьому вікні потрібно вибрати один із різновидів пружин.

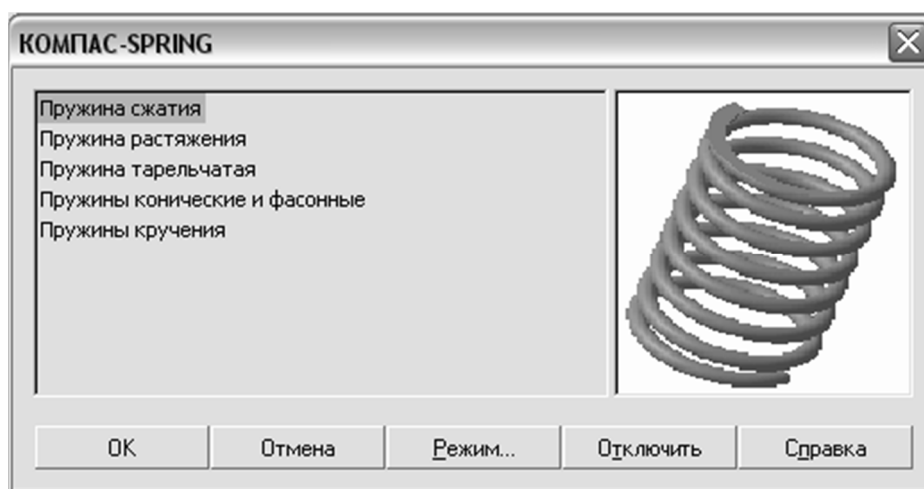


Рисунок 16.18 – Діалогове вікно **КОМПАС-SPRING**

Наприклад:

1) клацніть ЛК миші по «*Пружины конические и фасонные*» і натисніть кнопку **ОК**. Система виведе на екран діалогове вікно «*Проектирование конических и фасонных пружин*» (рис. 16.19);

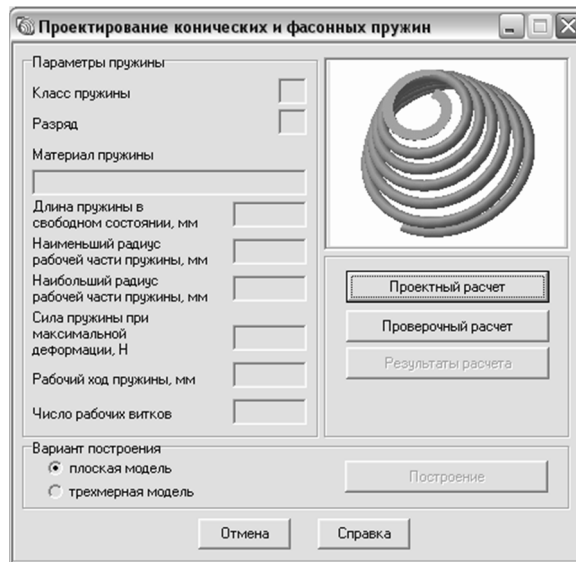


Рисунок 16.19 – Діалогове вікно  
«Проектирование конических и фасонных пружин»

2) у цьому вікні натисніть кнопку «**Проектный расчет**». Система виведе на екран вікно «**КОМПАС-SPRING. Проектный расчет конических и фасонных пружин**» (рис. 16.20). У цьому вікні задайте необхідні параметри пружини;

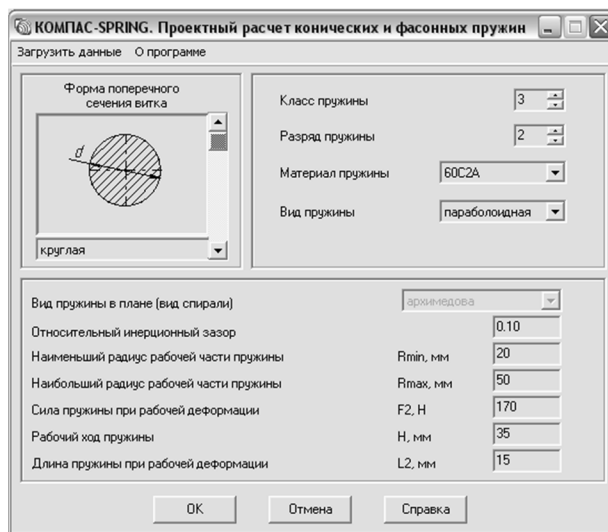


Рисунок 16.20 – Діалогове вікно «**КОМПАС-SPRING. Проектный расчет конических и фасонных пружин**»

3) натисніть кнопку **ОК**. Система виводить на екран діалогове вікно «**Результаты расчета**» (рис. 16.21);

4) у цьому вікні вибираємо один з пропонованих варіантів і натискаємо кнопку **ОК**. Система виводить вікно-попередження, що пружина спроектована, із запитом закінчити розрахунок чи ні;

5) натисніть кнопку **«Да»**. Перед нами знову вікно **«Проектирование конических и фасонных пружин»**;

6) натисніть кнопку **«Проверочный расчет»**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Результаты расчета»**;

7) натисніть кнопку **«Заккрыть»**. Система повертається в початкове вікно **«Проектирование конических и фасонных пружин»**;



Диаметр сечения витка d, мм	Число рабочих витков n	Длина L2, мм	Рабочий ход H, мм	Минимальный коэф. запаса
1.80	2.50	15.00	35.00	1.030
1.90	3.00	15.00	35.00	1.032
2.00	4.00	15.00	35.00	1.034
2.10	4.50	15.00	35.00	1.035
2.20	5.00	15.00	35.00	1.037
2.30	6.00	15.00	35.00	1.039

Рисунок 16.21 – Діалогове вікно **«Результаты расчета»**

8) натисніть кнопку **«Построение»**. Система виведе на екран діалогове вікно **«Параметры построения»**. У цьому вікні:

- натиснувши на кнопку **«Масштаб вида»**, установіть необхідний масштаб;
- установіть прапорець у вікні **«Отрисовка диаграммы»**;
- натисніть кнопку **ОК**. Вікно закривається, і на листі заданого формату з'являється креслення розробленої пружини з розмірами.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Для чого слугує діалогове вікно **«Менеджер библиотек»**?
2. Які маніпуляції можна проводити з діалоговим вікном **«Менеджер библиотек»**?
3. Як можна відкрити необхідну вкладку наявних бібліотек у системі КОМПАС?
4. Опишіть усі способи підключення будь-якої бібліотеки.
5. Як викликати необхідний конструктивний елемент будь-якої бібліотеки?
6. Перелічіть наявні режими роботи бібліотеки. Як змінити режими?
7. Які Ви знаєте панелі екрану в системі КОМПАС **«Конструкторской библиотеки»**?

## 17 3D МОДЕЛЮВАННЯ У КОМПАСІ

### 17.1 Створення файлу моделі

Для того, щоб створити новий файл тривимірної моделі, необхідно:

- 1) викликати команду **«Файл»** ➤ **«Создать»**, або натиснути кнопку **«Создать»** на панелі інструментів **«Стандартная»**;
- 2) у діалоговому вікні, яке з'явиться, вибрати потрібний тип документа – **«Деталь»** або **«Сборка»** (рис. 17.1).

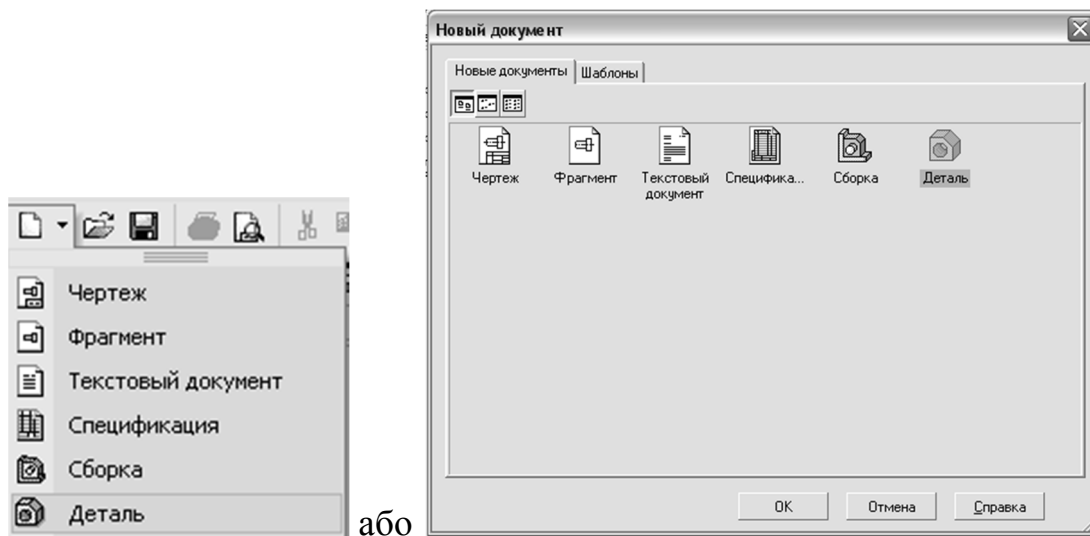


Рисунок 17.1 – Варіанти створення нового документа для тривимірної моделі

На екрані відкриється вікно нової моделі. Порівняно з вікнами документів для двовимірного креслення у вікні нового файлу тривимірної моделі змінився набір кнопок на **Панелі керування**, склад панелей інструментів і **Головного меню**, а також з'явилося з лівого боку екрану **Дерево побудови** (рис. 17.2).

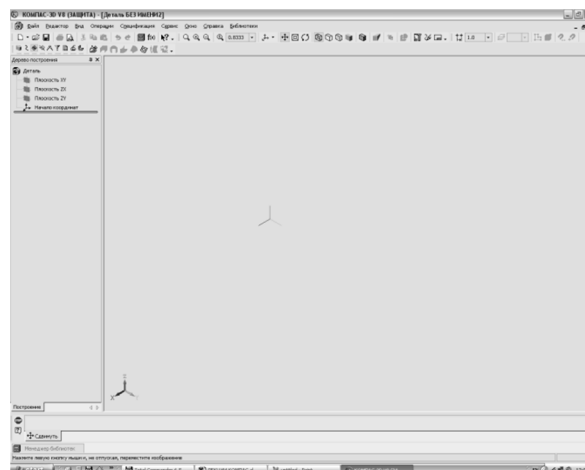


Рисунок 17.2 – Екран документа **«Деталь»** для тривимірної моделі

3) відредагувати в **Дереві побудови** назву моделі, для цього замість слова «Деталь» чи «Сборка» введіть найменування виробу (рис. 17.3).

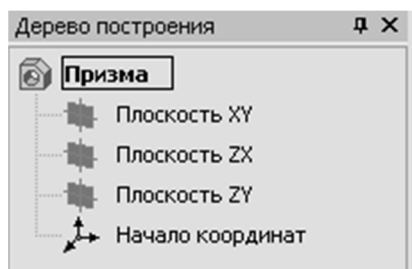


Рисунок 17.3 – Назва створюваного виробу в **Дереві побудови**

Після цього можна розпочинати створювання в документі тривимірної моделі.

## 17.2 Особливості інтерфейсу


Головний інтерфейс КОМПАС-3D при роботі з тривимірними моделями не відрізняється від інтерфейсу з двовимірними кресленнями, але існують типові особливості для 3D моделювання.

### 17.2.1 Керувальні елементи та команди

I. На панелі «Вид» з'являється ряд нових кнопок-команд (рис. 17.4):





Рисунок 17.4 – Панель «Вид» у режимі роботи з моделлю


 **«Ориентация»** – дає змогу змінити дійсну орієнтацію моделі (докладніше буде розглянута далі);


 **«Повернуть»** – дає змогу динамічно обертати зображення моделі;


 **«Каркас»** – є сукупністю всіх ребер і ліній нарису моделі;


 **«Без невидимых линий»** – зображення моделі з усуненням невидимих ліній є сукупністю видимих (за умови дійсної орієнтації моделі) ребер, видимих частин ребер і лінії нарису моделі;


 **«Невидимые линии тонкие»** – невидимі лінії (невидимі ребра та частини ребер) можна відобразити такими, що відрізняються від видимих ліній (більш світлим) кольором;

 **«Полутоновое отображение»** – напівтонове відображення дає змогу побачити поверхню моделі й отримати уявлення про її форму;

 **«Полутоновое с каркасом»** – напівтонове відображення з каркасом додає до напівтонового відображення каркасу без невидимих ліній контурні лінії;

 **«Перспектива»** – будь-який оптичний прилад (наприклад око людини чи фотоапарат) сприймає зображення предметів у просторі уздовж його осі, зі скривленням, інакше кажучи, у перспективі. Перспективу іноді потрібно враховувати для отримання реалістичного зображення тривимірної моделі;

 **«Включить/выключить режим упрощения сборки»** – використовують у процесі роботи з насиченими збірками. Якщо цей режим включений, то компоненти збірки замінюються паралелепіпедами відповідних габаритів і кольорів;

 **«Разнести»** – дає змогу рознести у просторі компоненти збірки (це може знадобитися для більш наочного уявлення збірки).

II. У меню **«Вид»** з'являються команди керування відображенням моделі, які дублюються на панелі **«Вид»** кнопками (рис. 17.5).

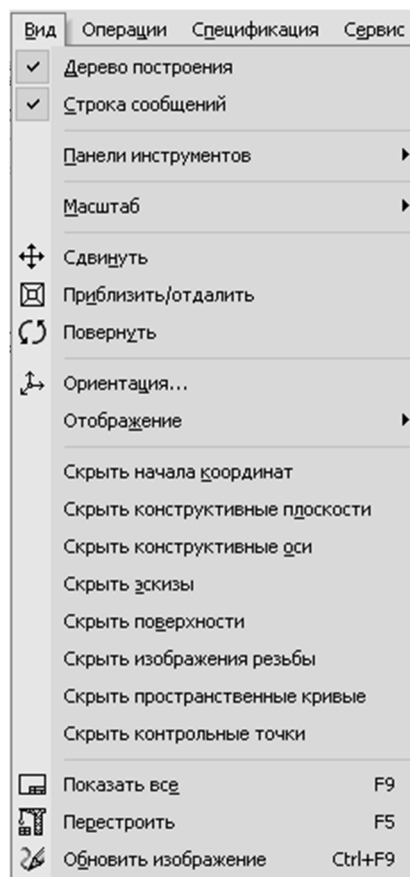


Рисунок 17.5 – Меню **«Вид»**



### 17.2.2 Компактна панель інструментів

**Компактна панель інструментів** складається з ряду кнопок-перемикачів, з яких кожна відповідає за окрему панель інструментів (рис. 7.6).



Рисунок 17.6 – Компактна панель інструментів у режимі тривимірного моделювання

Розглянемо доступні панелі інструментів у режимі тривимірного моделювання.

1. **«Редактирование детали»** чи **«Редактирование сборки»** (залежно від типу активної моделі).


– Інструментальна панель **«Редактирование детали»** складається з наступних кнопок:


**«Операция выдавливания»** – дає змогу створити основу деталі, яка являє собою тіло витискування. Тіло витискування утворюється шляхом переміщення ескізу в напрямі, перпендикулярному до його площини. Команда доступна, коли виділений один ескіз. Ця кнопка має додаткове випадне меню, що з'являється у разі утримання ЛК миші на ній і складається з команд:


**«Операция вращения»** – для створення основи деталі у вигляді елемента обертання, команда доступна, коли в моделі ще немає основи деталі та виділений один ескіз,


**«Кинематическая операция»** – команда доступна, коли в моделі ще немає основи деталі, але є не менше двох ескізів. Виділення ескізів перед викликом команди необов'язкове. Під час виконання кінематичної операції використовують принаймні два ескізи, в одному з них зображено переріз кінематичного елемента, в останніх – траєкторія руху перерізу;


**«Операция по сечениям»** – команда доступна, коли в моделі ще немає основи деталі, але є не менше двох ескізів. Виділення ескізів перед викликом команди необов'язкове. Під час виконання операції використовують декілька ескізів; у кожному з них зображений переріз елемента;


 **«Деталь-заготовка»** – дає змогу створювати основу деталі, використовуючи як зразок («заготовку») наявну деталь. Команда доступна, коли в дійсній моделі ще немає основи деталі;


 **«Приклеить выдавливанием»** – дає змогу додати до деталі формоутворювальний елемент, що являє собою тіло витискування. Команда доступна, коли виділений один ескіз. Ця кнопка має додаткове випадне меню і складається з команд:


 **«Приклеить вращением»** – дає змогу додати до деталі формоутворювальний елемент, який уявляє собою тіло обертання;


 **«Приклеить кинематически»** – дає змогу додати до деталі формоутворювальний елемент, що являє собою результат переміщення ескізу-перерізу вздовж траєкторії. Команда доступна, коли в деталі існує хоча б один не залучений в інших операціях ескіз;



 **«Приклеить по сечениям»** – дає змогу додати до деталі формоутворювальний елемент, указавши декілька його перерізів, зображених у різних ескізах. Якщо необхідно, можна вказати напрямну-контур, який задає напрям побудови елемента по перерізах. Команда доступна, коли в деталі існує хоча б два ескізи, не залучені в інших операціях;


 **«Вырезать выдавливанием»** – дає змогу вирізати з моделі формоутворювальний елемент, що являє собою тіло витискування. Команда доступна, коли виділений один ескіз. Ця кнопка має додаткове випадне меню, що складається з таких команд:

 **«Вырезать вращением»** – дає змогу вирізати з моделі формоутворювальний елемент, що являє собою тіло обертання;


 **«Вырезать кинематически»** – дає змогу вирізати з моделі формоутворювальний елемент, що являє собою результат переміщення ескізу-перерізу уздовж траєкторії. Команда доступна, коли в моделі існує хоча б один не залучений в інших операціях ескіз;


 **«Вырезать по сечениям»** – дає змогу вирізати з моделі формоутворювальний елемент, указавши декілька його перерізів, зображених у різних ескізах;


 **«Скругление»** – дає змогу закруглити вказані ребра деталі. Команда не виконується для ребер, які утворені гладко зв'язаними гранями. Має у випадному меню ще одну кнопку-команду –  **«Фаска»**, що дає змогу створити фаску на зазначених ребрах деталі;



 **«Отверстие»** – дає змогу створити круглий отвір зі складним профілем. Перед викликом команди потрібно виділити плоский об'єкт (плоску грань деталі, допоміжну чи конструктивну площину), на якому


необхідно розташовувати отвір. Команда доступна як під час побудови деталі, так і під час збірки;


 **«Ребро жесткости»** – дає змогу створювати ребра жорсткості деталі. Команда доступна, коли виділений один ескіз. Контур в ескізі ребра жорсткості може не доходити до тіла деталі. У цьому разі система продовжує контур до перерізу з найближчою гранню. Криволінійні контури продовжуються по дотичних до них у крайніх точках;


 **«Уклон»** – дає змогу надати нахил плоским граням, перпендикулярним до основи чи циліндричним граням, утворювачі яких перпендикулярні до основи;



 **«Оболочка»** – дає змогу перетворити деталь у тонкостінну оболонку. Для створення оболонки все тіло деталі виключається з розрахунків, а до її граней додається шар матеріалу, який утворює оболонку. Якщо матеріал додавати до всіх граней деталі, то буде отримана пустотіла (пола) деталь. У КОМПАС-3D побудова такої деталі не допускається. Для створення оболонки потрібно виключити одну чи декілька граней, до яких не повинен додаватися матеріал. Ці грани перетворюються в отвори (чи отвір) в отриманій оболонці;

 **«Сечение поверхностью»** – дає змогу усувати частину моделі, яка знаходиться по один бік із поверхнею, що перетинає цю модель– допоміжної або проекційної площини чи імпортованої поверхні. Має у випадному меню ще одну кнопку-команду –  **«Сечение по эскизу»**, яка дає змогу усунути частину моделі, що знаходиться по один бік із циліндричною поверхнею, що перетинає цю модель, яка утворена переміщенням вказаного ескізу в напрямі, перпендикулярному до його площині. Перед викликом команди виділіть ескіз, в якому зображений профіль циліндричної поверхні;



 **«Массив по сетке»** – дає змогу створити масив, елементи якого розташовуються у вузлах паралелограмної сітки. Елементи, які необхідно скопіювати, можна виділити в **Дереві побудови** як перед викликом команди, так і після. Має випадне меню, що складається з кнопок-команд:

 **«Массив по концентрической сетке»** – дає змогу створити масив, елементи якого розташовуються у вузлах концентричної сітки;



 **«Массив вдоль кривой»** – дає змогу створити масив, елементи якого розташовуються уздовж вказаної кривої;


 **«Зеркальный массив»** – дає змогу отримати копію обраних елементів, симетричну їм відносно вказаної площини чи плоскої грані. Елементи, які необхідно дзеркально відобразити, можна виділити перед викликом команди. Для цього вкажіть їх у **Дереві побудови** або у вікні деталі. Має у випадному меню ще одну кнопку-команду –  **«Зеркально**


**отразить все**» – дає змогу «приклеїти» до деталі її дзеркальну копію, тобто отримати деталь, яка володіє площиною симетрії.




 **«Вычесть компоненты»** – дає змогу утворити в редагованій деталі порожнину, що має форму іншої деталі. Команда доступна в режимі редагування деталі в контексті збірки. Має у випадному меню ще одну кнопку-команду –  **«Объединить компоненты»** – дає змогу створити нову деталь, що є об'єднанням двох або більш деталей, які входять у збірку. Команда доступна в режимі редагування деталі в контексті збірки;


– **Інструментальна панель «Редактирование сборки»** аналогічна до інструментальної панелі **«Редактирование детали»**, принципи роботи залишаються тими самими. Перелічимо особливі кнопки-команди, відповідні тільки для цієї інструментальної панелі:

 **«Создать деталь»** – дає змогу почати побудову деталі безпосередньо в поточній збірці. Команда доступна, якщо в поточній моделі виділений який-небудь плоский об'єкт. Має ще одну кнопку-команду  **«Создать сборку»** – дає змогу почати побудову підзбірки в поточній збірці;


 **«Добавить компонент»** – дає змогу вставити в поточну збірку деталь або підзбірку, що існує у файлі на диску;


 **«Переместить компонент»** – дає змогу перемістити компонент збірки;


 **«Повернуть компонент»** – дає змогу повернути компонент навколо центральної точки його габаритного паралелепіпеда. Має випадне додаткове меню, що складається з команд  **«Повернуть компонент вокруг оси»**, яка дає змогу повернути компонент збірки навколо точки або вершини. Якщо жодна точка або вершина не виділена, команда недоступна і  **«Повернуть компонент вокруг точки»** – дає змогу повернути компонент збірки навколо точки або вершини;

 **«Массив по образцу»** – дає змогу створити масив компонентів дійсної збірки, розташувавши їх так само, як розташовані об'єкти іншого – наявного масиву (зразка). Створений масив компонентів матиме ті самі параметри, що і масив-зразок. Наприклад, як зразок вказаний масив елементів по концентричній сітці. Компоненти нового масиву будуть розташовані у вузлах концентричної сітки, центр якої лежить на тій самій осі, що і центр сітки-зразка; відстані між компонентами нового масиву в радіальному й осьовому напрямках будуть такими самими, як відстані між елементами масиву-зразка. Якщо в масиві-зразку були видалені екземпляри, то і новий масив не міститиме екземплярів із цими номерами.

 Ця кнопка має додаткове випадне меню, і складається із команд:

 **«Массив по сетке»** – дає змогу створити масив компонентів збірки, розташувавши їх у вузлах паралелограмної сітки;

 **«Массив по концентрической сетке»** – дає змогу створити масив компонентів збірки, розташувавши їх у вузлах концентричної сітки;

 **«Массив вдоль кривой»** – дає змогу створити масив компонентів збірки, розташувавши їх уздовж вказаної кривої.

## 2. **«Пространственные кривые».**

Панель інструментів **«Пространственные кривые»** складається з таких кнопок-команд відповідно до рисунку 17.7:

– **«Спираль цилиндрическая»** – дає змогу створити циліндрову спіраль. Перед викликом команди потрібно виділити плоску грань або площину, на якій повинна розташовуватися спіраль;

– **«Спираль коническая»** – дає змогу створити конічну спіраль;

– **«Ломаная»** – дає змогу створити просторову ламану;


– **«Сплайн»** – дає змогу побудувати сплайн по вибраних вершинах.





Рисунок 17.7 – Кнопки-команди інструментальної панелі  
**«Пространственные кривые»**


## 3. **«Поверхности».**


Панель інструментів **«Поверхности»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Импортированная поверхность»** – дає змогу імпортувати у файл моделі КОМПАС-3D поверхні, записані у файлах форматів SAT або IGES.

 **«Поверхность выдавливания»** – дає змогу створити поверхню витискування. Вона утворюється шляхом переміщення ескізу в напрямі, перпендикулярному до його площині. Команда доступна, якщо виділений один ескіз.

 **«Поверхность вращения»** – дає змогу створити поверхню обертання. Вона утворюється шляхом обертання ескізу навколо осі, що лежить у площині ескізу. Команда доступна, якщо виділений один ескіз.

 **«Кинематическая поверхность»** – дає змогу створити кінематичну поверхню. Вона утворюється внаслідок переміщення ескізу-перетину вздовж вибраної траєкторії.


 **«Поверхность по сечениям»** – дає змогу створити поверхню, вказавши декілька її перетинів, зображених у різних ескізах. Якщо необхідно, можна вказати напрямну-контур, що задає напрям побудови поверхні по перетинах. Команда доступна, якщо в деталі існують хоча б два ескізи.


 **«Сшивка поверхностей»** – дає змогу з'єднати відкриті ребра вказаних поверхонь з отриманням цілої поверхні, а також приєднати поверхню (поверхні) до відкритих ребер деталі, цілісність якої порушена. Цілісність тіла деталі порушується у разі видалення деяких її граней за допомогою команди **«Удалить грани»**.


 **«Удалить грани»** – дає змогу видалити грань поверхні або тіла.


#### 4. **«Вспомогательная геометрия».**


Панель інструментів **«Вспомогательная геометрия»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Ось через две вершины»** – дає змогу створити одну або декілька конструктивних осей, кожна з яких проходить через вказані опорні точки. Опорними точками можуть бути вершини, характерні точки графічних об'єктів в ескізах (наприклад, кінець відрізка, центр кола тощо) або початку координат. Ця кнопка має додаткове випадне меню і складається з команд:


 **«Ось на пересечении плоскостей»** – дає змогу створити одну або декілька конструктивних осей, кожна з яких є лінією перетину двох конструктивних площин і/або плоских граней (і їх продовжень);


 **«Ось конической поверхности»** – дає змогу створити одну або декілька конструктивних осей, кожна з яких є віссю конічної (а в окремому випадку – циліндрової) поверхні;


 **«Ось через ребро»** – дає змогу створити одну або декілька конструктивних осей, кожна з яких проходить через вказане прямолінійне ребро деталі;


 **«Смещенная плоскость»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, розташованих на заданій відстані від вказаної площини або плоскої грані деталі. Ця кнопка має додаткове випадне меню і складається з команд:


 **«Плоскость через три вершины»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, кожна з яких проходить через три вказані опорні точки. Опорними точками можуть слугувати вершини, характерні точки графічних об'єктів в ескізах (наприклад кінець відрізка, центр кола тощо) або початку координат;


 **«Плоскость под углом к другой плоскости»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, що проходять через прямолінійний об'єкт під заданим кутом до наявного плоского об'єкта. Опорним прямолінійним об'єктом для побудови площини може слугувати ребро, відрізок в ескізі або допоміжна вісь. Опорним плоским об'єктом може бути допоміжна площина або плоска грань. Опорний прямолінійний об'єкт повинен бути паралельний до опорного плоского об'єкта або належати йому;


 **«Плоскость через ребро и вершину»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, кожна з яких проходить через прямолінійний об'єкт і точку. Опорним прямолінійним об'єктом для побудови площини може слугувати ребро, допоміжна вісь або відрізок в ескізі. Опорною точкою може бути вершина, характерна точка графічного об'єкта в ескізі (наприклад кінець відрізка, центр кола тощо) або початок координат;

 **«Плоскость через вершину параллельно другой плоскости»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, що проходять через вказані точки паралельно вказаним конструктивним площинам або плоским граням. Опорними точками можуть слугувати вершини, характерні точки графічних об'єктів в ескізах (наприклад кінець відрізка, центр кола тощо) або початку координат;


 **«Плоскость через вершину перпендикулярно ребру»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, що проходять через вказані точки перпендикулярно до вказаних прямолінійних об'єктів. Опорними точками для побудови площини можуть слугувати вершини, початки координат, характерні точки графічних об'єктів в ескізах (кінці відрізків, центри кіл тощо). Опорними прямолінійними об'єктами можуть бути ребра, конструктивні осі, відрізки в ескізах;


 **«Нормальная плоскость»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, нормальних до циліндрової або конічної грані деталі;


 **«Касательная плоскость»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, дотичних до циліндрової або конічної грані деталі. Щоб побудувати площину, що стосується грані у визначеному місці, потрібно задати лінію торкання. Лінія торкання визначається перетином грані й нормальної до неї площини. Тому перед викликом команди **«Касательная плоскость»** у моделі необхідно побудувати нормальну площину, що перетинає потрібну конічну поверхню в місці торкання. Як така площина може виступати і плоска грань, нормальна до поверхні;


 **«Плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно другому ребру»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, що проходять через вказані прямолінійні об'єкти паралельно або


перпендикулярно до інших прямолінійних об'єктів. Опорними прямолінійними об'єктами для побудови площини можуть слугувати ребра, допоміжні осі або відрізки в ескізах;

 **«Плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно грани»** – дає змогу створити одну або декілька допоміжних площин, що проходять через вказані прямолінійні об'єкти паралельно або перпендикулярно до плоских об'єктів. Опорними прямолінійними об'єктами для побудови площини можуть слугувати ребра, допоміжні осі або відрізки в ескізах. Опорними плоскими об'єктами можуть бути допоміжні площини або плоскі грані моделі;

 **«Средняя плоскость»** – команда дає змогу побудувати бісекторну площину двогранного кута. *Двогранний кут* – частина простору, обмежена двома напівплощинами, межею кожною з яких слугує їх загальна пряма. Ці напівплощини називаються *гранями двогранного кута*, а межа – *ребром двогранного кута*. Кут між лініями перетину граней двогранного кута з площиною, перпендикулярною до ребра двогранного кута, називається *лінійним кутом двогранного кута*. *Бісекторна площина двогранного кута* – площина, що проходить через бісектрису лінійного кута цього двогранного кута;


 **«Линия разъема»** – дає змогу розбити грань деталі на декілька граней. Розбиття грані відбувається по лінії перетину цієї грані з поверхнею, утвореною шляхом переміщення вказаного ескізу в напрямі, перпендикулярному до його площини. Команда розбиття граней доступна тільки під час побудови деталей. Перед викликом команди виділіть ескіз лінії роз'єму;


 **«Контрольная точка»** – дає змогу побудувати контрольні точки в моделі. Має у випадному меню ще одну кнопку-команду

 **«Присоединительная точка»**, яка дає змогу побудувати приєднувальні точки в моделі.

## 5. **«Измерения 3D».**


Панель інструментів **«Измерения 3D»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Расстояние и угол»** – дає змогу виміряти відстань і, якщо можливо, кут між двома вказаними об'єктами (конструктивними осями і площинами, гранями, ребрами та вершинами);

 **«Длина ребра»** – дає змогу виміряти довжину ребер або периметр грані деталі;

 **«Площадь»** – дає змогу виміряти площу граней деталі;




 **«МЦХ модели»** – дає змогу розрахувати масоцентровочні характеристики наявної моделі (деталі або збірки);

 **«Проверка пересечений»** – дає змогу перевірити, чи перетинаються вказані компоненти збірки.


#### 6. **«Сопряжения»** (активна тільки у разі редагування збірки).


Панель інструментів **«Сопряжения»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Параллельность»** – дає змогу встановити паралельність вибраних елементів;

 **«Перпендикулярность»** – дає змогу встановити вибрані елементи перпендикулярно один до одного;

 **«На расстоянии»** – дає змогу розташувати вибрані елементи на заданій відстані;

 **«Под углом»** – дає змогу розташувати вибрані елементи під заданим кутом;


 **«Касание»** – дає змогу встановити те, що стосується вибраних елементів;


 **«Соосность»** – дає змогу встановити співвісність вибраних елементів;


 **«Совпадение»** – дає змогу встановити збіг вибраних елементів.


#### 7. **«Фильтры»**.


Панель інструментів **«Фильтры»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Фильтровать все»** – слугує для включення режиму, в якому можливі динамічний пошук і вказівка курсором будь-яких об'єктів моделі: осей, площин, граней, ребер і вершин;

 **«Фильтровать грани»** – слугує для включення режиму, в якому можливі динамічний пошук і вказівка курсором граней деталі. Якщо кнопка **«Фильтровать грани»** натиснута, то кнопка **«Фильтровать все»** відключається;

 **«Фильтровать ребра»** – слугує для включення режиму, в якому можливі динамічний пошук і вказівка курсором ребер деталі;


 **«Фильтровать вершины»** – слугує для включення режиму, в якому можливий динамічний пошук і вказівка курсором вершин деталі;


 **«Фильтровать конструктивные плоскости»** – слугує для включення режиму, в якому можливі динамічний пошук і вказівка курсором площин, що існують у моделі;


 **«Фильтровать конструктивные оси»** – слугує для включення режиму, в якому можливі динамічний пошук і вказівка курсором осей, що існують у моделі.

## 8. **«Спецификация».**


Панель інструментів **«Спецификация»** вже розглядалася (див. рис. 10.7), тому наведемо ті кнопки, що придатні до режиму створення тривимірної моделі:

 **«Синхронизировать данные с документами сборки»** – діалог керування збіркою;

 **«Добавить внешний объект спецификации»** – дає змогу створити в документі-збірці зовнішній об'єкт специфікації. Після виклику команди на екрані з'являється діалог вибору розділу і типу об'єкта, в якому потрібно вказати розділ для розташування зовнішнього об'єкта. Після цього на екрані з'являється вікно, оформлене у вигляді рядка бланка специфікації. Можна ввести текстову частину нового зовнішнього об'єкта специфікації збірки, а також перейти до введення його додаткових параметрів. Якщо перед викликом команди створення об'єкта специфікації в **Дереві побудови** була виділена поточна збірка (найперший елемент Дерева), то колонки **«Обозначение»**, **«Наименование»** і додаткова колонка **«Масса»** заповнюються автоматично, а поточний документ-збірка підключається до створюваного об'єкта специфікації. У колонки **«Обозначение»** і **«Наименование»** вміщуються дані, введені під час налаштування властивостей збірки, а в колонку **«Масса»** – сумарна маса компонентів збірки. Автоматичне заповнення текстової частини об'єкта специфікації переважніше, ніж ручне введення даних, оскільки дає змогу уникнути випадкових помилок;

 **«Редактировать внешние объекты спецификации»** – дає змогу перейти в режим редагування зовнішніх об'єктів специфікації. Після виклику команди на екрані з'являється вікно підлеглого режиму роботи із специфікацією, в якому можна переглянути та відредагувати зовнішні об'єкти специфікації, що належать поточному документу-збірці. Після збереження поточної збірки зміни її зовнішніх об'єктів будуть передані у всі складові, в які вона входить як підзбірка.


## 9. **«Условные обозначения».**


Панель інструментів **«Условные обозначения»** має всього одну кнопку-команду  **«Условное изображение резьбы»**, яка дає змогу


створити умовне зображення різьби на циліндровій або конічній поверхні деталі.

## 10. «Элементы листового тела».


**Панель інструментів «Элементы листового тела»** складається з таких кнопок-команд:


 **«Листовое тело»** – дає змогу створити листове тіло. Воно формується шляхом витискування ескізу в напрямі, перпендикулярному до його площини. Перед побудовою листового тіла в деталі необхідно створити ескіз, що визначає форму тіла. *Вимоги до ескізу листового тіла:* в ескізі може бути один або декілька контурів; якщо контур один, то він може бути розімкненим або замкнутим; якщо контурів декілька, всі вони повинні бути замкнуті; якщо контурів декілька, один із них повинен бути зовнішнім, а інші – вкладеними в нього, при цьому зовнішній контур утворює форму листового тіла, а внутрішні контури утворюють отвори; допускається один рівень вкладеності контурів. *Додаткові вимоги до незамкнутого ескізу:* ескіз може складатися тільки з відрізків і дуг кіл; відрізки можуть з'єднуватися з дугами тільки в точках торкання.


 **«Сгиб»** – дає змогу створити згин уздовж ребра грані листової деталі. Ребро повинне бути прямолінійним і належати зовнішній або внутрішній плоскій грані листової деталі. Вказане ребро вважатиметься лінією згину, а грань – базовою гранню згину.


 **«Сгиб по линии»** – дає змогу створити в деталі згин по прямій лінії щодо будь-якої грані цієї деталі. Вказані лінія і грань вважатимуться лінією згину і базовою гранню згину. Як лінію згину можна використовуватися будь-який прямолінійний об'єкт: відрізок ескізу, сегмент ламаної, допоміжна вісь, прямолінійне ребро формоутворювального елемента або поверхні. *Вимоги до лінії згину:* лінія згину повинна розташовуватися у площині базової грані, лінія згину повинна мати з базовою гранню хоча б одну загальну точку.


**Примітка.** *Допоміжну вісь показують в моделі у вигляді відрізка. Не зважаючи на це, вісь є нескінченною прямою, тому під час вибору осі як лінії згину не важливо, чи має відображений відрізок, загальні точки з базовою гранню. Для коректної побудови згину достатньо, щоб продовження осі мало загальні точки з базовою гранню. Результат побудови згину залежить від взаємного розташування базової грані й лінії згину. Загальне правило: згинається та частина деталі, якій належить базова грань або ділянка базової грані, що повністю або частково містить лінію згину.*


 **«Подсечка»** – дає змогу створити в деталі відразу два згини по прямій лінії щодо будь-якої грані цієї деталі. Указані лінія та грань вважатимуться лінією згину і базовою гранню підсічки. Як лінія згину може використовуватися будь-який прямолінійний об'єкт: відрізок ескізу, сегмент ламаної, допоміжна вісь, прямолінійне ребро формоутворювального елемента або поверхні. *Вимоги до лінії згину*: лінія згину повинна розташовуватися в площині базової грані, лінія згину повинна мати з базовою гранню хоча б одну загальну точку.


 **«Отверстие в листовом теле»** – дає змогу побудувати круглі отвори в листовій деталі. Команда доступна, якщо в деталі виділена плоска грань.


 **«Вырез в листовом теле»** – дає змогу побудувати отвори довільної форми на зовнішніх або внутрішніх плоских гранях, що належать листовому тілу або листовим елементам.


 **«Пластина»** – дає змогу побудувати пластину на плоскій грані листового тіла. Після виклику команди у вікні деталі з'явиться фантомне зображення створюваної пластини. Стрілкою показаний напрям витискування. Цей напрям, а також глибина витискування визначаються системою автоматично. *Вимоги до ескізу пластини*: ескіз може містити один або декілька контурів; контури в ескізі повинні бути замкнуті; контури можуть бути вкладеними; рівень вкладеності – один; контур ескізу повинен перетинатися з контуром базової грані або мати з ним загальні точки.


 **«Замыкание углов»** – якщо листова деталь має згини, то можна замкнути один або декілька її кутів.

 **«Разогнуть»** – команда дає змогу розігнути згин (декілька згинів) листової деталі. Цю команду можна застосувати до згинів без ознаки **«разогнуто»**, а також до згинів, зігнутих за допомогою команди **«Согнуть»**.


 **«Согнуть»** – команда дає змогу зігнути згин (декілька згинів) листової деталі. Цю команду можна застосувати до згинів, що мають ознаку **«разогнуто»**, а також до згинів, розігнутих за допомогою команди **«Разогнуть»**.


 **«Параметры развертки»** – дає змогу задати параметри відображення листової деталі в розгорненому вигляді. Перед перемиканням в режим розгорненого відображення листової деталі необхідно встановити параметри розгортки – вибрати нерухому грань і задати стани згинів.

 **«Развертка»** – дає змогу відобразити листову деталь у режимі розгортки. У цьому режимі вибрані користувачем згини показують у зігнутому стані, а останні – у розігнутому. Стани згинів, установлені в режимі редагування деталі, переходячи в режим розгортки, ігноруються.


 **«Открытая штамповка»** – дає змогу створити в листовій деталі відкрите штампування. Базовою гранню штампування може бути тільки зовнішня або внутрішня плоска грань листового тіла або листового елемента. *Вимоги до ескізу штампування:* в ескізі може бути тільки один контур; контур повинен бути замкнутий; контур повинен повністю знаходитися в межах базової грані (тобто не повинен мати загальних точок з її ребрами).

***Примітка.** Фактично створення відкритого штампування відноситься не до операцій згину, а до операцій деформації, коли листовий матеріал витягується і його товщина зменшується. При виконанні команди «Открытая штамповка» ця зміна товщини матеріалу не враховується.*

 **«Закрытая штамповка»** – дає змогу створити в листовій деталі закрите штампування. Основні характеристики даної команди такі, як і в команді **«Открытая штамповка»**;

 **«Жалюзи»** – дає змогу створити в листовій деталі жалюзі по прямій лінії. Доступні два типи жалюзі: витягнуті й підрізані. *Вимоги до ескізу жалюзі:* ескіз може містити один відрізок або декілька відрізків; ескіз повинен повністю знаходитися в межах базової грані (тобто не повинен мати загальних точок з ребрами, що обмежують базову грань).

***Примітка.** Фактично створення жалюзі стосується не операцій згину, а операцій деформації, коли листовий матеріал витягується і його товщина зменшується. У процесі виконання команди «Жалюзи» це зміна товщини матеріалу не враховується. Як ескізи жалюзі використовують відрізки. Грань, що містить ескіз жалюзі, вважається базовою. Базовою гранню жалюзі може бути тільки зовнішня або внутрішня плоска грань листового тіла або листового елемента.*

 **«Буртик»** – дає змогу створити в листовій деталі буртик з однією з трьох форм перетину: кругла, U-подібна, V-подібна. *Ескіз буртика* – крива, що визначає його конфігурацію та положення. *Грань, що містить ескіз буртика, вважається базовою.* Базовою гранню буртика може бути тільки зовнішня або внутрішня плоска грань листового тіла або листового елемента. *Вимоги до ескізу буртика:* ескіз може містити один або декілька контурів; контури можуть бути замкнутими або розімкненими; якщо контур складається з декількох графічних об'єктів, то вони повинні гладко сполучатися; контури можуть перетинатися один з одним, але самоперетин контурів не допускається.


***Примітка.** Фактично створення буртиків стосується не операцій згину, а операцій деформації, коли листовий матеріал витягується і його товщина зменшується. У процесі виконання команди «Буртик» ця зміна товщини матеріалу не враховується. Побудова буртика неможлива, якщо його ескіз має загальні точки з ребрами, до яких примикають згини.*


### 17.3 Керування зображенням


На екрані можна керувати зображенням моделі, зсувати її і повертати.

Зміна масштабу зображення та його зсув здійснюються так само, як і під час роботи з графічними документами.


#### 17.3.1 Поворот моделі


Під час моделювання деталі у тривимірному моделюванні виникає необхідність бачити її з різних боків. Для того щоб повернути деталь, необхідно викликати команду **Головного меню «Вид»** ► або натиснути кнопку **«Повернуть»**  на панелі **«Вид»**.

Після виклику команди зовнішній вигляд курсора зміниться . Далі необхідно натиснути ЛК миші у вікні моделі деталі і, не відпускаючи її, перемістити курсор. Модель буде повертатися навколо центральної точки габаритного паралелепіпеда.


– Якщо потрібно обертати модель **навколо точки** (вершини деталі, центру сфери), підведіть курсор до потрібного елемента у вікні моделі. Коли елемент підсвітить, клацніть лівою кнопкою миші. Курсор прийме вигляд «зірочки» з двома дугоподібними стрілками . Натисніть ЛК миші у вікні моделі і, не відпускаючи її, переміщуйте курсор. Модель буде повертатися навколо вибраної точки. Напрямок обертання навколо центральної точки габаритного паралелограма або навколо точки залежить від напрямку переміщення курсора.

– Якщо потрібно обертати модель **у площині екрану**, переміщуйте курсор (з натиснутою ЛК миші) горизонтально, утримуючи натиснутою клавішу <Alt>.

– Якщо потрібно обертати модель **навколо конструктивної осі або прямолінійного ребра**, підведіть курсор до потрібного елемента у вікні моделі. Коли елемент підсвітить, клацніть ЛК миші. Курсор прийме вигляд «осі» з двома дугоподібними стрілками . Натисніть ЛК миші у вікні моделі і, не відпускаючи її, переміщуйте курсор. Модель буде повертатися навколо вибраної осі.

– Якщо потрібно обертати модель **навколо осі**, що проходить через вказану точку площини (допоміжній, проекційній площині або плоскій грані деталі) перпендикулярно до цієї площини, підведіть курсор до потрібної точки площини у вікні моделі. Коли площина підсвітить, клацніть ЛК миші. Курсор прийме вигляд «площини» з двома дугоподібними стрілками .

Натисніть ліву кнопку миші у вікні моделі і, не відпускаючи її, переміщуйте курсор. Модель буде повертатися навколо вказаної осі.

Для виходу з команди повороту моделі натисніть кнопку **«Прервать команду»**  на **Панелі властивостей** або клавішу <Esc>.

### 17.3.2 Вибір об'єктів у вікні моделі

Під час проходження курсора над моделлю деталі система автоматично здійснює динамічний пошук об'єктів. Для того щоб вказати, чи виділити об'єкт у вікні побудови моделі, потрібно підвести до нього курсор. Коли курсор прийме вигляд, який відповідатиме цільовому об'єкту і сам об'єкт підсвітитися, клацніть ЛК миші

1) для вказівки **вершини** підведіть до неї курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення вершини (у вигляді «зірочки»), клацніть ЛК миші.

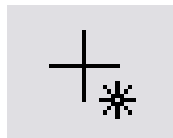


Рисунок 17.8 – Вигляд курсора при позначенні вершини

2) для того щоб указати **ребро** підведіть до нього курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення ребра (у вигляді «палички»), клацніть ЛК миші.

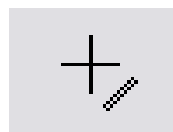


Рисунок 17.9 – Вигляд курсора при позначенні ребра

3) для того щоб указати конструктивну **вісь**, підведіть до неї курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення осі, клацніть ЛК миші.

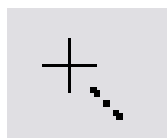


Рисунок 17.10 – Вигляд курсора при позначенні осі

4) для того щоб указати **поверхню або грань**, підведіть до неї курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення поверхні, клацніть ЛК миші.

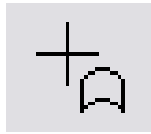


Рисунок 17.11 – Вигляд курсора при позначенні поверхні або грані

5) для того щоб указати конструктивну **площину** підведіть до неї курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення площини, клацніть ЛК миші.

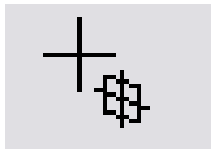


Рисунок 17.12 – Вигляд курсора при позначенні площині

6) для того щоб указати **просторову кривуї або ескіз** підведіть курсор до потрібного об'єкта у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться умовне зображення кривої, клацніть ЛК миші.

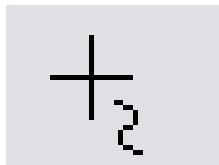


Рисунок 17.13 – Вигляд курсора при позначенні просторової кривої або ескизу

7) для того щоб указати умовного зображення **різьби** підведіть до нього курсор у вікні моделі. Коли поряд із курсором з'явиться значок «різьби», клацніть ЛК миші.

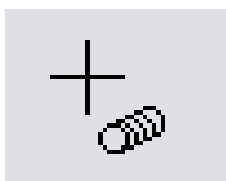



Рисунок 17.14 – Вигляд курсора при позначенні умовного зображення різьби



Якщо за умови натиснутої клавіши <Shift> вибирається будь-який допоміжний елемент, то у вікні моделі підсвічує деталь або підзбірка, до якої належить вибраний допоміжний елемент.

### 17.3.3 Орієнтація моделі

Зміна орієнтації моделі в КОМПАС-3D здійснюється за допомогою команд **«Сервис»** ➤ **«Повернуть»**.

Коли потрібна орієнтація, яку важко отримати, повертаючи модель мишею, можна користуватися передбаченим системою списком назв орієнтацій. На панелі **Вигляд** розташована кнопка **«Ориентация»** . Натиснення на стрілку поряд з цією кнопкою викликає меню з переліком стандартних назв орієнтацій (рис. 17.15): **«Сверху»**, **«Снизу»**, **«Слева»**, **«Справа»**, **«Спереди»**, **«Сзади»**, **«Изометрия XYZ»**, **«Изометрия YZX»**, **«Изометрия ZXY»**, **«Диметрия»** (кожне з них відповідає напрямку погляду спостерігача на модель).

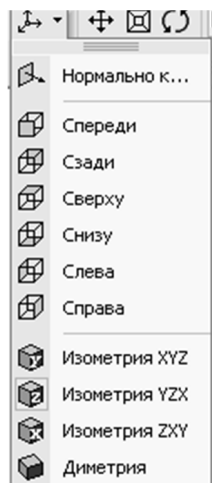



Рисунок 17.15 – Розширене випадне меню команд зміни орієнтації у кнопці **«Ориентация»**

Коли вибрати з цього меню команду, відповідну до потрібної орієнтації, модель обернеться так, щоб напрям погляду відповідав указаному. Іноді коли потрібно, щоб паралельній площині екрану опинилася не проекційна площина, а допоміжна площина або плоска грань деталі, необхідно виділити потрібний плоский об'єкт і викликати з меню кнопки **«Ориентация»** команду **«Нормально к...»**. Модель обернеться так, щоб напрям погляду був перпендикулярний до вибраного об'єкта.

Можна не тільки використовувати стандартні назви орієнтацій, але й запам'ятовувати поточну орієнтацію під яким-небудь ім'ям, а потім

повертатися до неї у будь-який момент, вибравши це ім'я зі списку. Для цього виконайте такі дії:

- 1) натисніть саму кнопку **«Ориентация»** . На екрані з'явиться діалог із списком орієнтацій, що існують у моделі назв;
- 2) натисніть в ній кнопку **«Добавить»** і введіть назву нової орієнтації. Воно з'явиться в діалозі зі списком назв орієнтацій (рис. 17.16);
- 3) натисніть кнопку **«Выход»**. Нова назва з'явиться в меню кнопки **«Ориентация»** на панелі **Вид**.

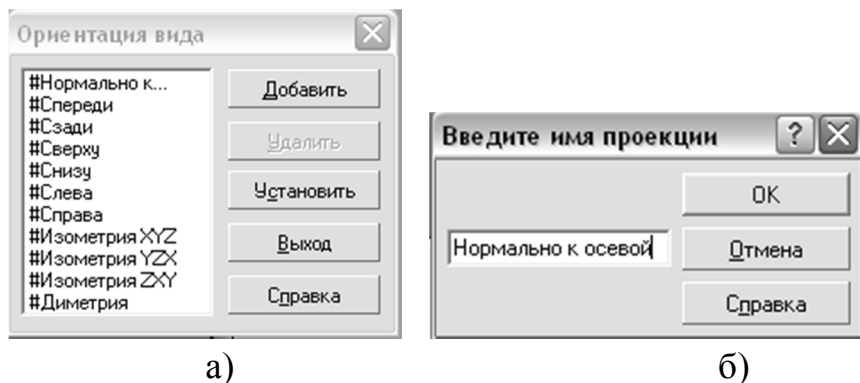


Рисунок 17.16 – Уведення назви нової орієнтації: а – діалогове вікно **«Ориентация вида»**; б – вікно **«Введите имя проекции»**

#### 17.3.3.1 Установлення своєї орієнтації моделі

Згодом, коли у процесі роботи орієнтація моделі зміниться, можна вибрати створену орієнтацію з меню кнопки **«Ориентация»** і модель обернеться так, щоб її орієнтація відповідала вказаній назві.

У діалозі вибору орієнтації, що з'являється на екрані при натисненні на кнопку **«Ориентация»**, можна не тільки створити нову орієнтацію, але й вибрати ту, яка існує, а також видалити зі списку створену користувачем назву орієнтації.

Щоб вибрати орієнтацію, яка існує встановіть виділення на її назві в списку і натисніть кнопку **«Установить»** діалогу. Модель обернеться так, щоб напрям погляду відповідав вказаному.

Щоб видалити назву орієнтації зі списку, встановіть на нього виділення та натисніть кнопку **«Удалить»** діалогу. Вказана назва зникне із списку; подальший вибір відповідної орієнтації буде неможливий. Видалення стандартних назв орієнтацій (вони починаються з символу «#») не допускається.

Щоб закрити діалог вибору орієнтації, натисніть його кнопку **«Выход»**.

Ви можете налаштувати зображення моделі у разі зміни орієнтації – змінити плавність повороту або вимкнути оптимізацію в діалозі налаштування параметрів керування зображенням.

Команди меню кнопки **«Ориентация»** можна розташувати у вигляді набору кнопок на окремій панелі й помістити її в будь-якому зручному місці. Для цього «перетягнете» меню кнопки **«Ориентация»** мишею за заголовок у будь-якому напрямі. Буде сформована панель **«Ориентация»** (рис. 17.17).



Рисунок 17.17 – Панель **«Ориентация»**

**Примітка.** Зверніть увагу на відмінність панелі **«Ориентация»** від решти інструментальних панелей: склад і порядок кнопок на ній змінити неможливо.

Після виклику команди зміни орієнтації модель повертається так, щоб напрям погляду відповідав вказаному.

Можна створити зображення моделі у разі зміни орієнтації – змінити плавність повороту або вимкнути оптимізацію в діалозі настройки параметрів керування зображенням.

## 17.4 Діалог налаштування параметрів керування зображенням

Цей діалог з'являється на екрані після виклику команди **«Сервис»** ➤ **«Параметры»** ➤ **«Система»** ➤ **«Редактор моделей»** ➤ **«Параметры управления изображением»**.

Діалог дає змогу задати параметри зображення моделей у вікні (рис. 17.18).

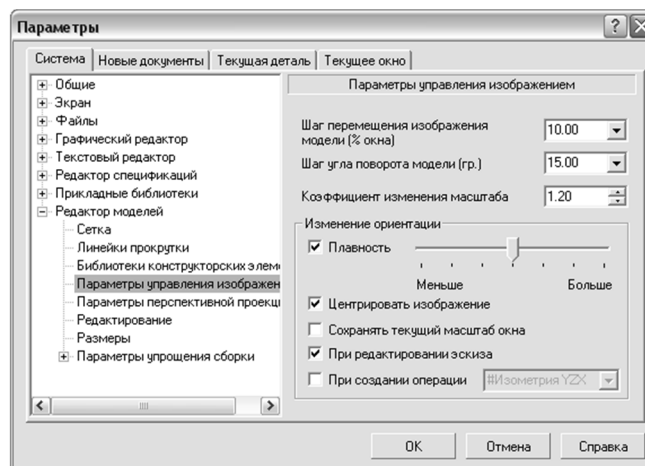


Рисунок 17.18 – Діалогове вікно **«Параметры»** під час налаштування параметрів керування зображенням

Опис елементів керування наведений у таблиці 17.1.

Таблиця 17.1 – Діалог налаштування параметрів керування зображенням

Елемент керування	Опис виконуваного налаштування
<i>1</i>	<i>2</i>
<b>«Шаг перемещения изображения детали (% окна)»</b>	Поле, де встановлюється величина переміщення зображення деталі у вікні при одноразовому натисненні клавіші, що зрушує зображення. Крок переміщення встановлюється у відсотках від розміру вікна. <i>Наприклад</i> , після введення в це поле значення 15 при натисненні комбінації клавіш <Shift> + <→> зображення зсунеться вправо на 15 % ширини вікна
<b>«Шаг угла поворота детали»</b>	Поле, де встановлюється величина повороту деталі у вікні зв умови одноразового натиснення клавіатурної комбінації, що обертає деталь. Крок переміщення встановлюється у градусах. <i>Наприклад</i> , після введення в це поле значення 10° при натисненні комбінації клавіш <Alt> + <→> деталь повернеться навколо вертикальної вісі вправо на 10° (і її зображення зміниться у відповідний спосіб)
<b>«Коэффициент изменения масштаба»</b>	У цьому полі встановлюється коефіцієнт збільшення або зменшення зображення у вікні при одноразовому натисненні клавіатурної комбінації, що змінює масштаб зображення. <i>Наприклад</i> , після введення в це поле значення 1,2 при натисненні комбінації <Shift> + <→> лінійні розміри зображення будуть зменшені в 1,2 рази
<b>«Изменение ориентации»</b>	Група опцій, що дає змогу налаштувати різні параметри зображення моделі у разі зміни її орієнтації або масштабу
<b>«Плавность»</b>	Опція, що включає показ проміжних кадрів між кадрами, що зображають модель у початковому та кінцевому положеннях (масштабах). Унаслідок цього зміна положення (масштабу) моделі виглядає не стрибкоподібною, а плавною. Коли опція <b>«Плавность»</b> включена, можна налаштувати кількість проміжних кадрів, переміщаючи «бігунок» між позиціями <b>«Меньше»</b> і <b>«Больше»</b> . У разі зменшення кількості кадрів зміна зображення моделі стає менш плавною, але прискорюється, а у разі збільшення – навпаки
<b>«Центрировать изображение»</b>	Опція, що включає центрування зображення моделі під час зміни її орієнтації, зокрема у разі автоматичної зміни орієнтації під час створення ескізів і операцій (ця зміна відбувається, якщо включені опції <b>«При редактировании эскиза»</b> і <b>«При создании операции»</b> відповідно)

Продовження таблиці 17.1


1	2
<b>«Сохранять текущий масштаб окна»</b>	Опція, що включає збереження масштабу, встановленого у вікні моделі, у разі зміни її орієнтації. Якщо опція відключена, то після зміни орієнтації, зокрема після автоматичної зміни орієнтації під час створення ескізів і операцій масштаб відображення моделі змінюється
<b>«При редактировании эскиза»</b>	Опція, що включає автоматичне установлення орієнтації <b>«Нормально к...»</b> для створення нового ескізу. При виході з режиму ескізу модель повертається в колишню орієнтацію. Якщо орієнтація моделі була змінена під час роботи з ескізом, то у процесі подальшого його редагування ця орієнтація відновлюється. Якщо опція <b>«При редактировании эскиза»</b> відключена, то орієнтація моделі під час створення та редагування ескізу не змінюється.
<b>«При создании операции»</b>	Опція, що включає автоматичне установлення вказаної орієнтації для створення нового формоутворювального елемента, листового тіла або нової поверхні. Для того щоб вказати орієнтацію, розверніть список і виберіть потрібний рядок. При виході з операції поточна орієнтація моделі зберігається. У процесі редагування операцій орієнтація моделі не змінюється

Задавши параметри зображення, натисніть кнопку **ОК**. Для виходу з діалогу без зміни налаштувань натисніть кнопку **«Отмена»**.

## 17.5 Відображення моделі

У процесі роботи в системі КОМПАС-3D доступні такі типи відображення моделі:

- каркас;
- без невидимих ліній;
- з тонкими невидимими лініями;
- півтонове;
- півтонове з каркасом;
- перспектива.

Щоб вибрати тип відображення, викличте команду **«Вид»** ► **«Отображение»** і вкажіть потрібний варіант. Ви можете також скористатися кнопками на панелі **«Вид»** .

1. **Каркас** – є сукупність всіх ребер і ліній нарису моделі. Щоб відобразити модель у вигляді каркаса (рис. 17.19), викличте команду **«Вид»** ► **«Отображение»** ► **«Каркас»** або натисніть кнопку **«Каркас»** на панелі **«Вид»**.

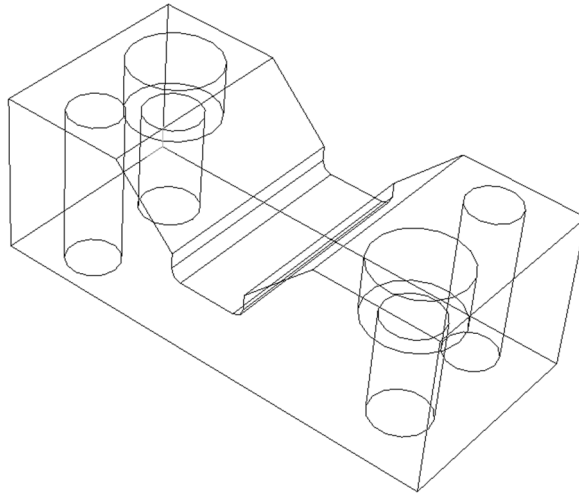


Рисунок 17.19 – Відображення установчої призми у вигляді каркасу

2. Відображення моделі з **усуванням невидимих ліній** є сукупністю видимих (при поточній орієнтації моделі) ребер, видимих частин ребер і лінії нарису моделі. Щоб відобразити модель без невидимих ліній (рис. 17.20), викличте команду **«Вид»** ► **«Отображение»** ► **«Без невидимых линий»** або натисніть кнопку **«Без невидимых линий»** на панелі **«Вид»**.

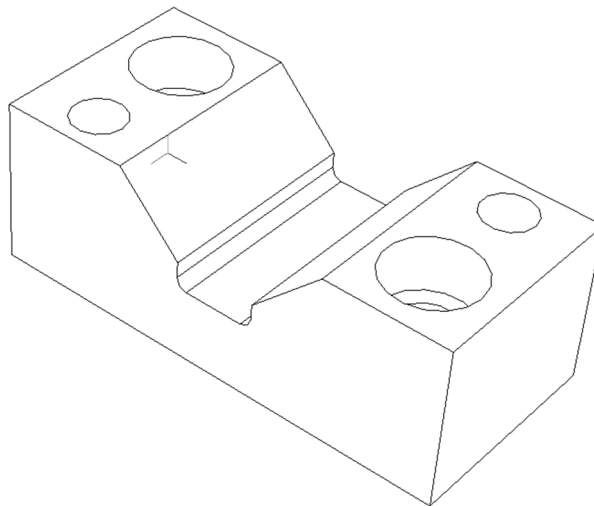


Рисунок 17.20 – Відображення установчої призми без невидимих ліній

3. **Невидимі лінії тонкі**. Невидимі лінії (невидимі ребра та частини ребер) можна відобразити кольором, що відрізняється від видимих ліній (світлішим). Щоб відобразити модель із невидимими лініями іншого кольору (рис. 17.21), викличте команду **«Вид»** ► **«Отображение»** ► **«Невидимые линии тонкие»** або натисніть кнопку **«Невидимые линии тонкие»** на панелі **«Вид»**.

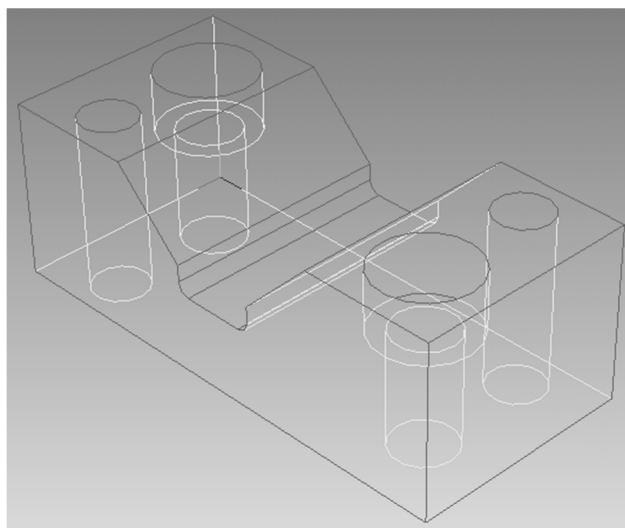


Рисунок 17.21 – Відображення установчої призми з невидимими лініями

4. **Півтонове** відображення дає змогу побачити поверхню моделі й отримати уявлення про її форму. Щоб отримати півтонове відображення моделі (рис. 17.22), викличте команду **«Вид»** ➤ **«Отображение»** ➤ **«Полутоновое»** або натисніть кнопку **«Полутоновое»** на панелі **«Вид»**. Із використанням півтонового відображення моделі враховуються оптичні властивості її поверхні (колір, блиск, дифузія тощо).

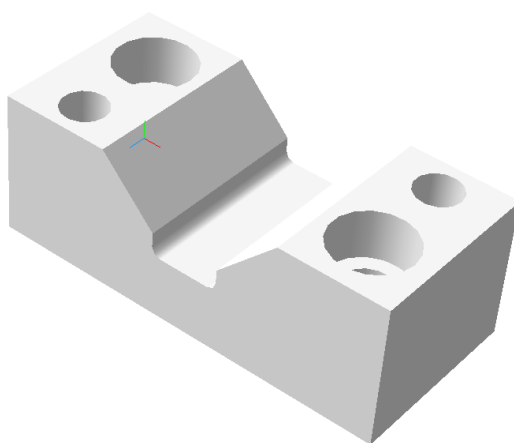


Рисунок 17.22 – Відображення установчої призми півтонове

5. **Півтонове** відображення з **каркасом** додає до півтонового відображення каркас без невидимих ліній. Щоб отримати відображення моделі **півтонове з каркасом** (рис. 17.23), викличте команду **«Вид»** ➤ **«Отображение»** ➤ **«Полутоновое с каркасом»** або натисніть кнопку **«Полутоновое с каркасом»** на панелі **«Вид»**.

***Примітка.** Застосування півтонового відображення з каркасом можливо, якщо включено півтонове відображення моделі.*

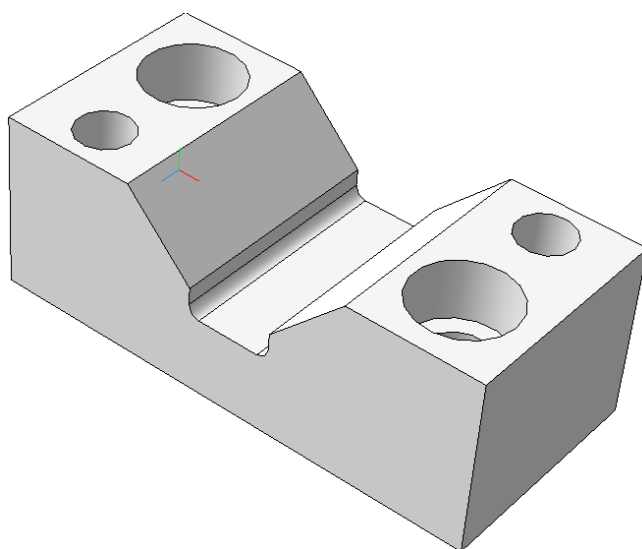


Рисунок 17.23 – Відображення установчої призми півтонове з каркасом

**6. Перспектива.** Будь-який оптичний прилад (наприклад око людини або фотоапарат) сприймає зображення предметів, протяжних уздовж його осі, із скривленням, інакше кажучи, в перспективі. Перспективу іноді потрібно враховувати для отримання реалістичного зображення тривимірної моделі. У системі КОМПАС-3D передбачено відображення моделі в перспективній проекції.

Для отримання відображення моделі з урахуванням перспективи (рис. 17.24) викличте команду «Вид» ► «Отображение» ► «Перспектива» або натисніть кнопку «Перспектива» на панелі «Вид».

***Примітка.** Точка сходу перспективи розташована посередині вікна моделі. Усі типи відображення (каркасне, півтонове, без невидимих ліній і з тонкими невидимими лініями) можна поєднувати з перспективною проекцією.*

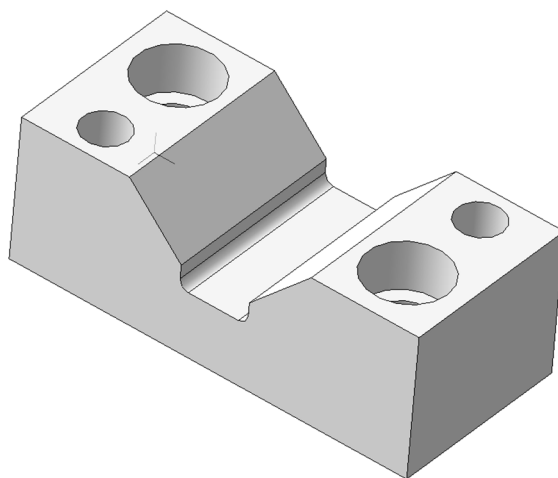


Рисунок 17.24 – Відображення установчої призми з урахуванням перспективи



### ***Налаштування параметрів перспективної проекції***

Ступінь скривлення зображення, що вноситься перспективою, можна налаштувати. Якщо потрібно створити перспективу тільки в дійсному вікні, викличте команду **«Сервис»** ➤ **«Параметры»** ➤ **«Текущее окно»** ➤ **«Параметры перспективной проекции»**.

Якщо потрібно створити перспективу у всіх знов відкриваних вікнах, викличте команду **«Сервис»** ➤ **«Параметры»** ➤ **«Система»** ➤ **«Редактор моделей»** ➤ **«Параметры перспективной проекции»**.

У діалозі знаходиться єдина опція – **«Расстояние в габаритах модели»**. Вона показує, в скільки разів відстань від деталі до площини зображення більше, ніж максимальний габарит деталі. Інакше кажучи, на екрані показується таке зображення деталі, яке отримав би оптичний прилад, що знаходиться на вказаній відстані від деталі (рис. 17.25).

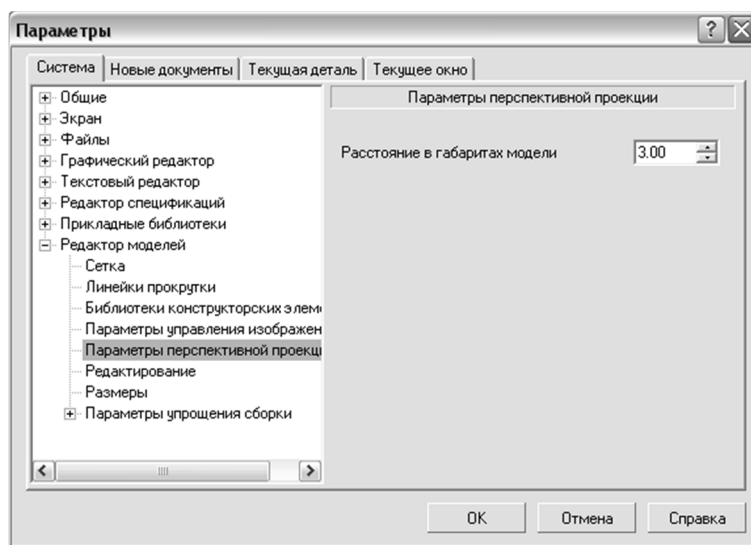


Рисунок 17.25 – Діалогове вікно **«Параметры»** на вкладці **«Система»** при налаштуванні параметрів перспективної проекції

Чим менше вказана відстань, тим сильніше помітно скривлення зображення. Уведіть потрібне значення відстані і закрийте діалог, натиснувши кнопку **ОК**. Після цього перспективна проекція в дійсному вікні (або в нових вікнах) відображатиметься з урахуванням зробленого вами налаштування.

## **17.6 Фільтри об'єктів**

Для виділення та вказання вершин, ребер, граней, осей і площин у вікні редагування моделі відбувається динамічний пошук об'єктів: при

проходженні курсору над об'єктом, який може бути вибраний у даний момент, цей об'єкт підсвічує, а курсор міняє зовнішній вигляд.

Іноді в «пастку» курсору потрапляє відразу декілька об'єктів (наприклад грані та її ребро), причому підсвічує не той об'єкт, який ви хочете виділити. Для полегшення вибору об'єктів потрібного типу використовуються **фільтри об'єктів**.


Щоб перемкнутися на панель фільтрів, натисніть кнопку «*Фільтри*»  на **Компактній панелі** (рис. 17.26).



Рисунок 17.26 – Панель фільтрів

За замовчанням на панелі натиснута кнопка «*Фільтрувати все*» .

Натиснення цієї кнопки означає, що підсвічують і можуть бути вказані (виділені) курсором і вершини, і ребра, і грані, і осі, і площини.

Якщо для виконання задуманої вами дії необхідна вказівка (виділення) об'єктів тільки певного типу, натисніть відповідну кнопку на **Панелі фільтрів**: «*Фільтрувати вершини*», «*Фільтрувати ребра*», «*Фільтрувати грані*», «*Фільтрувати плоскості*», «*Фільтрувати конструктивні осі*».

Якщо натиснута одна з цих кнопок, то кнопка «*Фільтрувати все*» вимикається.

Ви можете вибрати будь-яку комбінацію типів доступних для вказівки (виділення) об'єктів, натиснувши відразу декілька кнопок на **Панелі фільтрів**.

Якщо вимикаються всі кнопки, відповідні типам об'єктів, то кнопка «*Фільтрувати все*» автоматично включається (тобто відключити вказівку всіх типів об'єктів неможливо).

Переключати кнопки на **Панелі фільтрів** можна в будь-який момент роботи з моделлю.

#### 17.6.1 Вибір прихованих, співпадаючих або близько розташованих об'єктів

Іноді об'єкт, який потрібно вибрати, розташований близько до інших об'єктів, або накладений на них, або прихований під ними. При цьому важко, а іноді й зовсім неможливо вказати його курсором.

Для вибору будь-якого з близько розташованих (зокрема накладених один на одного) об'єктів слугує режим перебору об'єктів. Перебір можливий, коли система чекає виділення або вказання об'єкта, а в пастку курсору потрапляє відразу декілька об'єктів.

*Перебір об'єктів при виділенні та вказівці тривимірних об'єктів:*

1. Наведіть курсор на групу об'єктів, що містить потрібний об'єкт.
2. Не вказуючи жоден із них, викличте з контекстного меню команду **«Перебор объектов»**, натиснувши ПрК миші. Можна також натиснути комбінацію клавіш <Ctrl> + <T> (рис.17.27).

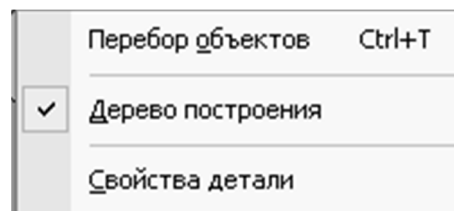


Рисунок 17.27 – Виклик команди **«Перебор объектов»** із контекстного меню

3. Перебирайте об'єкти, натискаючи клавішу <Пробел> або викликаючи команду **«Следующий объект»** із контекстного меню. Об'єкти, на які вказував курсор у момент виклику команди перебору, по черзі підсвічуватимуться.

4. Після підсвічування потрібного об'єкта вийдіть із режиму перебору з підтвердженням вибору. Для цього викличте команду **«Выбрать подсвеченный объект»**, що підсвічується, з контекстного меню або натисніть клавішу <Enter>. Можна також клацнути мишею на об'єкті, що підсвічується, або в будь-якому вільному місці вікна документа.

5. Для виходу з режиму перебору без вказівки об'єкта викличте з контекстного меню команду **«Отказ от перебора»**. Можна також натиснути клавішу <Esc>. Якщо перебір використовувався для вказівки об'єкта під час виконання якої-небудь команди, система повернеться до цієї команди.

### 17.6.2 Установлення фільтрів виведення

Іноді потрібно вивести документ так, щоб деякі об'єкти оформлення або деякі графічні об'єкти не були надруковані. Керування виведенням об'єктів документа проводиться в діалозі, що викликається командою **«Сервис» ➤ «Фильтры вывода на печать»**. У цьому діалозі можна включити або скасувати друк різних об'єктів.

## 17.7 Вибір об'єктів у Дереві побудови

Щоб вказати або виділити об'єкт у **Дереві побудови**, клацніть мишею по його назві або піктограмі. У такий спосіб можна виділити або вказати компонент збірки, сполучення, ескіз, допоміжний або формоутворювальний елемент (наприклад, елемент, приклеєний операцією обертання, або отвір, або фаску).

***Примітка.** Вказівка та виділення об'єктів у **Дереві побудови** може проводитися тільки в режимі тривимірних побудов. Якщо система знаходиться в режимі ескізу, вказівка і виділення об'єктів у **Дереві побудови** неможливі (не дивлячись на те, що **Дерево** видно на екрані).*

При вказанні або виділенні будь-якого об'єкту **Дерева** відповідна йому частина моделі підсвічує у вікні моделі. Щоб виділити декілька об'єктів у **Дереві побудови**, натисніть клавішу <Ctrl> і, утримуючи її, указуйте потрібні об'єкти.

Щоб виділити в **Дереві побудови** групу об'єктів, розташованих підряд один за одним, виділіть перший (останній) із цих об'єктів, натисніть та утримуйте клавішу <Shift>, потім виділіть останній (перший) об'єкт. Виділення буде поширено на всі об'єкти групи.

### 17.7.1 Вибір об'єктів

Для виконання багатьох команд побудови моделей, а також сервісних команд потрібне вказання або виділення об'єктів – ескізів, вершин, ребер і граней, допоміжних елементів, деталей і підзбірок. Виділення об'єктів відбувається, коли не активна жодна команда тривимірних побудов. Об'єкти виділяють для того, щоб їх проглянути, або перед викликом будь-якої команди. Наприклад, елемент потрібно виділити для того, щоб викликати команду редагування його параметрів. Після того, як об'єкт виділений будь-яким способом, відповідна йому піктограма в **Дереві побудови** моделі з синьої перетворюється на зелену. Наприклад, при виділенні отвору під штифт у призмі (рис. 17.28) колір змінює піктограма операції, що утворила цей елемент.

Вказання елементів відбувається у процесі завдання параметрів дійсної команди. Наприклад, після виклику команди створення елемента по перетинах потрібно послідовно вказувати ескізи-перетини; після виклику команди перевірки перетинів компонентів збірки потрібно вказати компоненти, які потрібно перевірити на перетин. Після того, як об'єкт

вказаний будь-яким способом, відповідна йому піктограма в **Дереві побудови** моделі з синьої перетворюється на червону. Наприклад, при вказанні грані колір змінює піктограма операції, що утворила цю грань, а при вказанні ескіза колір змінює піктограма цього ескізу.

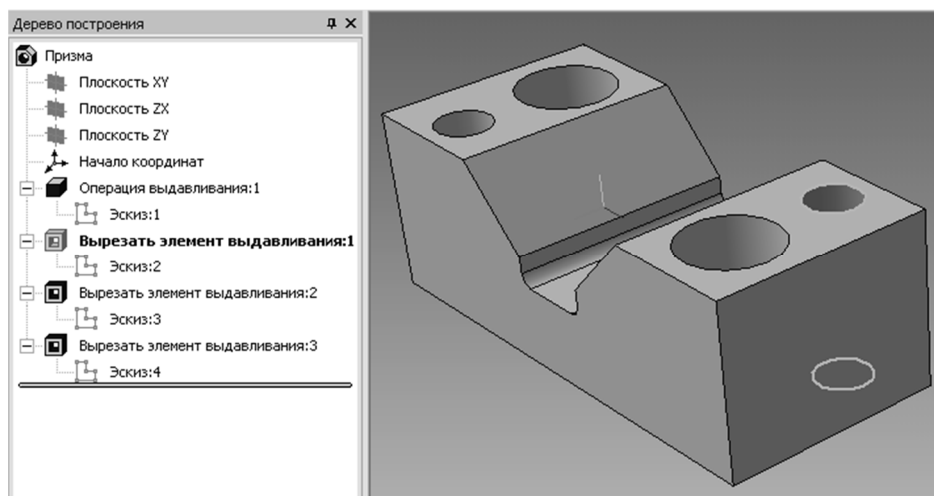


Рисунок 17.28 – Виділення об'єктів у Дереві побудови

Залежно від виконуваної команди потрібно виділити і/або вказати об'єкти у вікні редагування моделі або в **Дереві побудови**; для виконання ж більшості команд не має значення, де вказаний об'єкт – це визначає користувач із міркувань зручності.

### 17.8 Налаштування кольору фону екрана для моделей

Цей діалог з'являється на екрані після виклику команди **«Сервис»** ➤ **«Параметры»** ➤ **«Система»** ➤ **«Экран»** ➤ **«Фон рабочего поля моделей»** (рис. 17.29), дає змогу вибрати кольори для фону робочого поля моделей.

Опис елементів керування наведений у таблиці 17.2.

Таблиця 17.2 – Опис елементів керування кольором фону екрану для моделей

Елемент керування	Опис елементів
1	2
<b>«Цвет окна, установленный в Windows»</b>	Щоб колір фону відповідав загальним колірним налаштуванням Windows, включіть цю опцію. Щоб вибрати колір фону робочого поля, який відрізнятиметься від колірних налаштувань Windows, вимкніть опцію
<b>«Цвет»</b>	Щоб вибрати колір фону, натисніть цю кнопку. Відкриється стандартний діалог вибору кольору. Елемент керування доступний при вимкненій опції <b>«Цвет окна»</b> , встановлений у Windows

## Продовження таблиці 17.2

1	2
<b>«Использовать градиентный переход»</b>	Щоб використовувати градієнтний перехід, включіть цю опцію. Під час роботи з тривимірними моделями верхня та нижня частини поля документа будуть забарвлені у вибрані кольори. Між ними буде плавний перехід від одного кольору до іншого
<b>«Верхний цвет перехода» / «Нижний цвет перехода»</b>	Вікна перегляду кольорів, між якими буде сформований градієнтний перехід. Щоб вибрати ці кольори, натисніть відповідні кнопки <b>«Цвет»</b>

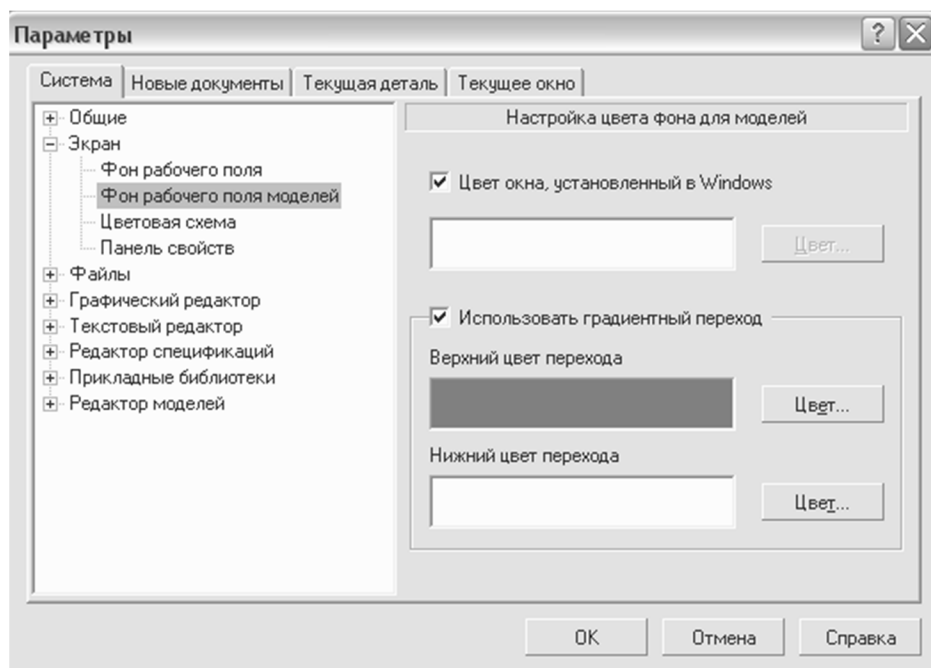


Рисунок 17.29 – Діалогове вікно **«Параметры»** при налаштуванні кольору фона робочого поля моделей

Після завершення налаштування кольорів фону для моделей натисніть кнопку **ОК**. Для виходу з діалогу без збереження змін натисніть кнопку **«Отмена»**.

### 17.9 Налаштування кольору виділених об'єктів

За замовчанням виділені об'єкти відображаються у вікні моделі зеленим кольором, а підсвічені (при вказанні чи динамічному пошуку) – червоним. Для того щоб змінити кольори, які використовуються для виділення та підсвічування тримірних об'єктів, необхідно скористатися

командами «Сервис» ➤ «Параметры» ➤ «Система» ➤ «Редактор моделей» ➤ «Редактирование» (рис. 17.30).

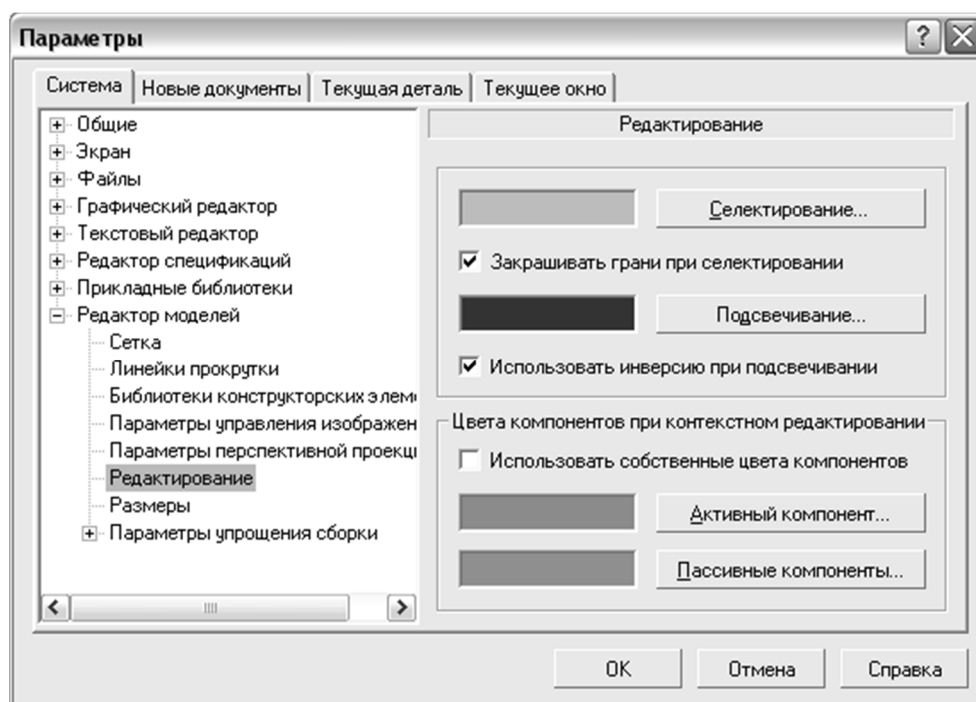


Рисунок 17.30 – Діалогове вікно «Параметры» при налаштуванні кольору виділених чи підсвічених об’єктів

Опис елементів керування наведений у таблиці 17.3.

Таблица 17.3 – Опис елементів керування кольором виділених чи підсвічених об’єктів

Елемент керування	Опис елементів
1	2
«Селектирование»	Ця кнопка призначена для налаштування кольору виділених об’єктів
«Закрашивать грани при селектировании»	Цю опцію необхідно включити для того, щоб грані, виділені у вікні моделі, а також грані, що належать елементам та компонентам, виділеним в <b>Дереві побудови</b> , залились кольором, вибраним для селекування. При вимкненій опції виділяються тільки ребра граней
«Подсвечивание»	Ця кнопка призначена для налаштування кольору підсвічених об’єктів. Вибраний колір буде використовуватись при вказанні об’єктів, а також при підсвічуванні об’єктів у час динамічного пошуку
«Использовать инверсию при подсвечивании»	Опція, що вмикає інверсне динамічне підсвічування ребер замість підсвічування постійним кольором. Її рекомендується включати під час роботи зі складними збірками – це дає змогу прискорити динамічний пошук.

## 17.10 Керування видимістю об'єктів

Допоміжні осі, площини, особливо коли їх багато в моделі, не задіяні у виконанні операцій ескізи, компоненти (деталі або підзбірки) іноді заважають перегляданню зображення моделі. Для зручності роботи з моделлю можна зробити невидимим будь-який з цих об'єктів, при цьому він, як і раніше, враховуватиметься в ієрархії, і його похідні об'єкти відображатимуться коректно.

Для того щоб скрити об'єкт чи декілька об'єктів, виділіть їх і викличте з контекстного меню команду **«Скрить»**, натиснувши ПрК миші. Коли об'єкти стануть невидимими, відповідні ним піктограми залишаться на своїх місцях у **Дереві побудови**, але відображатимуться світло-блакитним кольором (рис. 17.31).

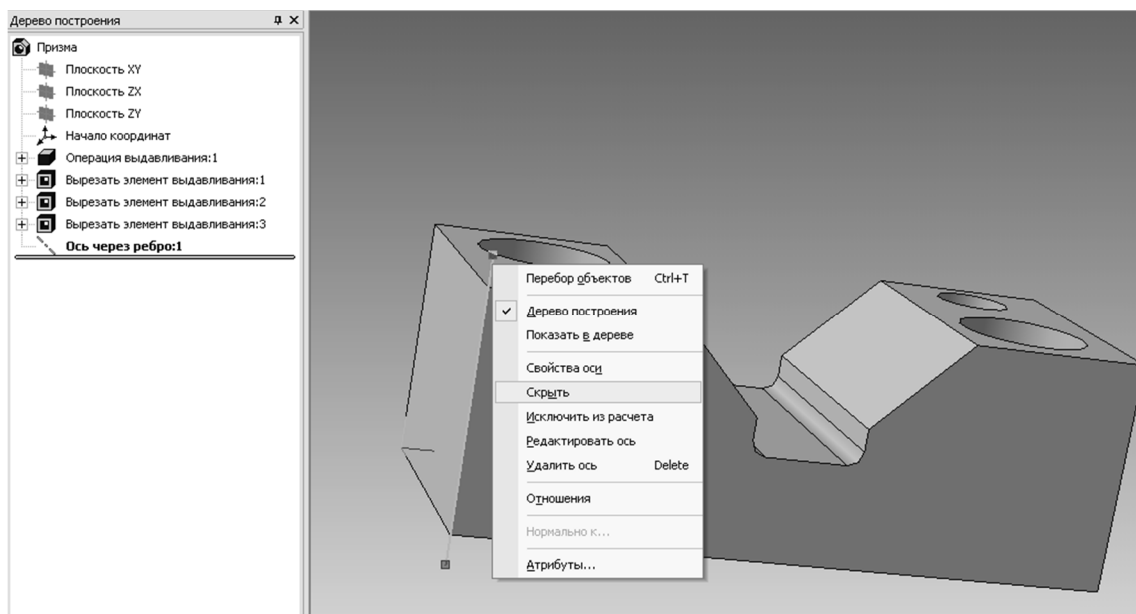


Рисунок 17.31 – Керування видимістю осі через ребро призми за допомогою контекстного меню

Іноді потрібно викликати команду **«Обновить изображение»** для того, щоб фантом прихованого елемента повністю зник з екрану. Щоб зробити приховані об'єкти видимими, виділіть їх у **Дереві побудови** та викличте з контекстного меню команду **«Показать»**. Об'єкти стануть видимими.

**Примітка.** Зверніть увагу на те, що тіло деталі завжди відображається і зникає цілком, навіть тоді, коли при виклику команди **«Показать»** чи **«Скрить»** була виділена окрема формоутворювальна операція. Те саме стосується і поверхонь. Для решти, об'єктів таких як допоміжні осі, спіралі, ломані тощо, у вікні моделі після виклику команди **«Показать»** чи **«Скрить»** з'являються чи зникають тільки вказані об'єкти.



Для того щоб приховати одночасно всі початки координат, допоміжні осі, допоміжні площини, незадіяні в операціях ескізи, поверхні, зображення різьблення, просторові криві, скористайтеся для цього командами з меню **Сервіс**:

- *«Скрыть начала координат».*
- *«Скрыть конструктивные оси».*
- *«Скрыть конструктивные плоскости».*
- *«Скрыть эскизы».*
- *«Скрыть поверхности».*
- *«Скрыть изображения резьбы».*
- *«Скрыть пространственные кривые».*

Після виклику будь-якої з цих команд ховаються всі об'єкти відповідного типу, що існують в моделі. Водночас поряд із назвою команди в меню з'являється «галочка», що свідчить про те, що об'єкти приховані.

Для того щоб показати всі одночасно приховані об'єкти певного типу, повторно викличте з меню *«Сервис»* відповідну команду.

### 17.11 Керування відображенням елементів

Для кожної окремої грані можна задавати властивості поверхні (колір, ступінь блиску тощо), що відрізняються від встановлених для всієї деталі властивостей поверхні.

Щоб змінити колір або інші властивості грані, виділіть її у вікні деталі й викличте з контекстного меню команду *«Свойства грани»*. На **Панелі властивостей** з'являються елементи керування, що дають змогу задавати властивості грані. Якщо грань має той самий колір, що і вся деталь, у діалозі включена опція *«Использовать цвет источника»*. Щоб змінити колір, вимкнете цю опцію. У діалозі стануть доступними розкритий список *«Цвет»* і панель *«Оптические свойства»*. На ній знаходяться декілька «бігунків» для керування оптичними характеристиками поверхні, за допомогою яких можна вибрати будь-який із запропонованих у списку кольорів для відображення грані. Переміщуючи «бігунки» або вводячи процентні значення у відповідні поля, можна змінювати оптичні властивості поверхні (блиск, дзеркальність, дифузію тощо). У вікні перегляду відображається сфера з вказаними в діалозі властивостями поверхні, що дає змогу візуально оцінити внесені до властивостей грані зміни (рис. 17.32).

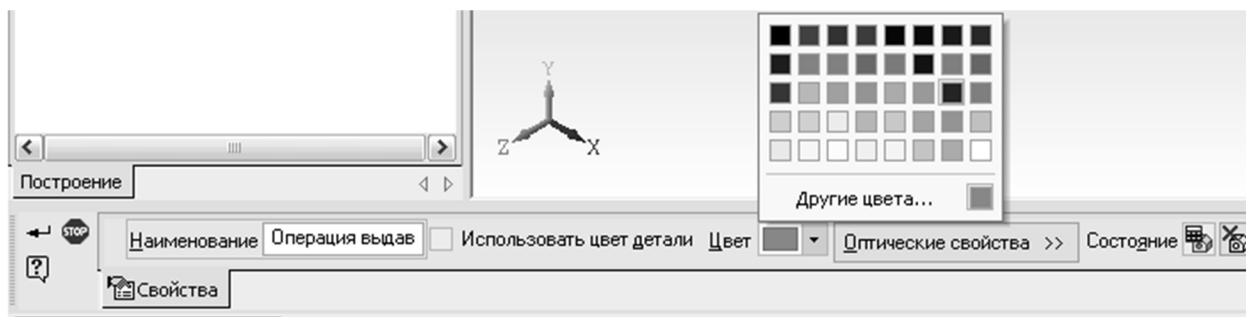


Рисунок 17.32 – **Панель властивостей** з елементами керування відображенням елементів деталі

Після вказання потрібних властивостей натисніть кнопку **«Создать объект»** на **Панелі спеціального керування**. Грань буде перерисована відповідно до нових налаштувань.

Можна змінити властивості поверхні не тільки для окремої грані, але й для всіх граней формоутворювального елемента одночасно. Для цього виділіть елемент у **Дереві побудови** й викличте з контекстного меню команду **«Свойства элемента»** або виділіть у вікні деталі будь-яку грань або ребро елемента та викличте з контекстного меню команду **«Свойства исходного элемента»**.

На **Панелі властивостей** з'являться елементи керування, аналогічні до налаштування властивостей грані. Після вказання потрібних властивостей елемента натисніть кнопку **«Создать объект»** на **Панелі спеціального керування**. Усі грані елемента перерисовують відповідно до нових налаштувань, при цьому власні налаштування окремих граней урахуватися не будуть (їх замінять однакові для всіх граней елемента налаштування).

Якщо потрібно встановити колір деталі для допоміжного елемента, початку координат, проекційної площини або ескізу, викличте команду налаштування властивостей об'єкта і включіть опцію **«Использовать цвет детали»** на **Панелі властивостей**.

Під час роботи зі збіркою можна змінювати властивості її об'єктів (допоміжних і проекційних площин, вирізаних зі збірки формоутворювальних елементів тощо) у діалогах налаштування властивостей цих об'єктів. Робота з цими діалогами не відрізняється від роботи з діалогами налаштування властивостей об'єктів деталі.

Крім того, працюючи зі збірками, можна налаштовувати кольори її компонентів (деталей і підзбірок). Це зручно використовувати, якщо потрібно наочніше представити модель: наприклад, можна вибрати однаковий колір для всіх кріпильних деталей, наявних у збірці тощо.

Щоб налаштувати колір компоненту, виділіть його в **Дереві побудови** та викличте з **контекстного меню** команду **«Свойства компонента»**. На **Панелі властивостей** з'являться елементи керування, аналогічні до налаштування властивостей грані. Установіть колір вибраного компонента і натисніть кнопку **«Создать объект»** на **Панелі спеціального керування**. Зображення моделі буде перерисоване.

## 17.12 Діалог налаштування кольору моделі

За допомогою цього діалогу можна задати колір і властивості поверхні деталі, а також будь-якої окремої грані. Цей діалог з'являється на екрані після виклику команди **«Сервис»** > **«Параметры»** > **«Новые документы»** > **«Модель»** > **«Деталь»** (**«Сборка»**) > **«Цвет»** (рис. 17.33).

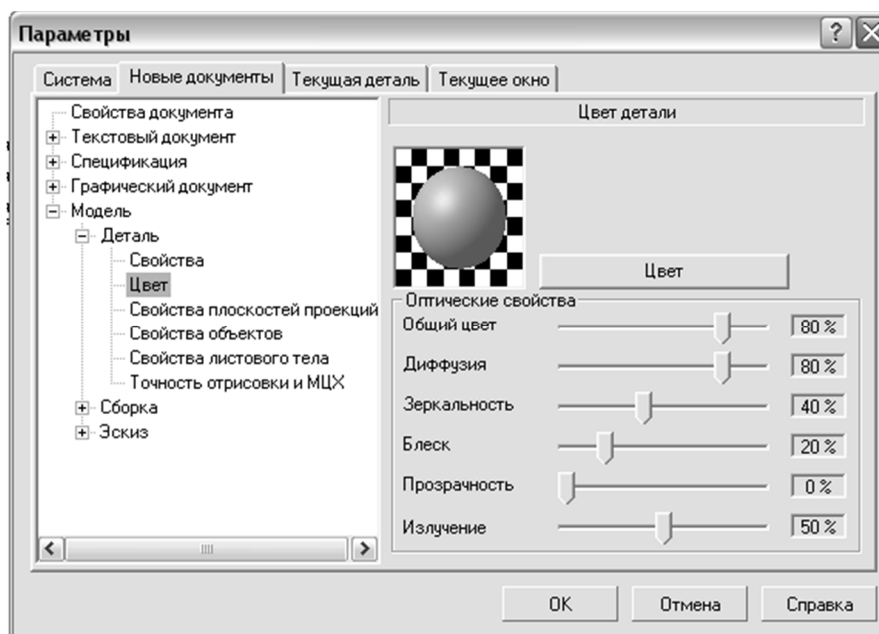


Рисунок 17.33 – Діалогове вікно **«Параметры»** з відкритими вкладками для налаштування кольору моделі

Опис елементів керування наведений в таблиці 17.4.

Таблиця 17.4 – Опис елементів керування налаштування кольору моделі

Елемент керування	Опис елементів
<b>«Общий цвет», «Диффузия», «Зеркальность», «Блеск», «Прозрачность», «Излучение»</b>	Щоб задати параметри, перемістіть на потрібну відстань відповідний «повзунок». Числове значення параметра відобразиться в довідковому полі
<b>«Цвет»</b>	Для вибору кольору моделі натисніть цю кнопку

Якщо необхідно виділити дійсну модель у **Дереві побудови**, клацніть на **ПрК** миші та викличте команду **«Свойства детали/сборки»** з контекстного меню (рис. 17.34).

Після виконаних операцій з'явиться **Панель властивостей** для даної моделі на якій є опція **«Оптические свойства»**. Якщо вона не активна клацніть по подвійній стрілці **>>** для того, щоб опція розгорнулася (рис. 17.35).

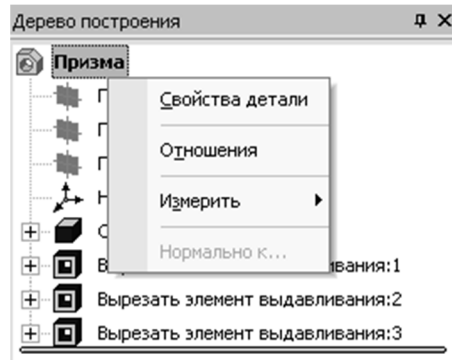


Рисунок 17.34 – Викликання діалогу налаштування кольору моделі через контекстне меню **Дерева побудови**

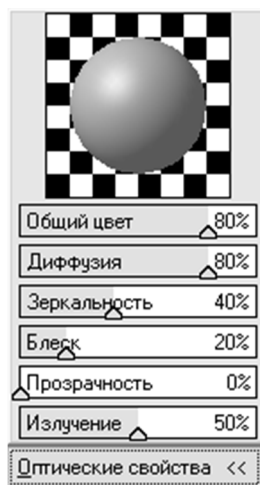


Рисунок 17.35 – Опція **«Оптические свойства»** на **Панелі властивостей**

У вікні перегляду відображається сфера з вказаними в діалозі властивостями поверхні; це дає змогу візуально оцінити внесені зміни.

Для налаштування кольору моделі, натисніть кнопку **ОК** діалогу.

**Примітка.** Для збірки налаштування кольору має особливості. Деталі, що входять до її складу, зберігатимуть власні кольори. Зроблені налаштування стосуватимуться тільки налаштувань, виконаних безпосередньо в збірці.

Для виходу з діалогу без зміни властивостей деталі натисніть кнопку **«Отмена»**.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як створити файл моделі?
2. За допомогою якої команди можна обертати 3D-модель?
3. Які команди відповідають різним відображенням 3D-моделі?
4. З яких інструментальних панелей складається **Компактна панель** у режимі створення 3D-моделі?
5. Які види курсора миші існує у процесі обертання 3D-моделі?
6. Для чого необхідні фільтри об'єктів? Перелічіть усі панелі фільтрів.
7. Для чого потрібне **Дерево побудови**?

## 18 ОСНОВНІ ПРИЙОМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

### 18.1 Вимоги до ескізів

Зазвичай, ескіз є перетином об'ємного елемента. Рідше ескіз є траєкторією переміщення іншого ескізу-перетину. Для створення об'ємного елемента підходить не будь-яке зображення в ескізі. Воно повинне підкорятися деяким правилам.

Одним із головних понять для опису ескіза є *контур*. Цей термін часто використовується в повідомленнях системи. Значення цього терміну під час роботи з тривимірними моделями відрізняється від його значення під час «плоского» креслення. Якщо під час роботи в графічному документі (фрагменті або кресленні) контур – це єдиний графічний об'єкт, то під час роботи в ескізі під контуром розуміється будь-який лінійний графічний об'єкт або сукупність послідовно сполучених лінійних графічних об'єктів (відрізків, дуг, сплайнів, ламаних тощо).

*Вимоги до ескізів при моделюванні деталей.*

1. Контури в ескізі не перетинаються та не мають загальних точок.
2. Контур в ескізі зображується стилем лінії **«Основная»**.

#### 18.1.1 Вимоги до елемента витискування

Вимоги до ескізу для основи-елемента витискування і приклеюваного (вирізуваного) елемента витискування дещо розрізняються.

*Вимоги до ескізу основи.*

1. В ескізі може бути один або декілька контурів.
2. Якщо контур один, то він може бути розімкненим або замкнутим.
3. Якщо контурів декілька, усі вони повинні бути замкнуті.
4. Якщо контурів декілька, один із них повинен бути зовнішнім, а інші – вкладеними в нього.
5. Допускається один рівень вкладеності контурів.

*Вимоги до ескіза приклеюваного (вирізуваного) елемента.*

1. В ескізі може бути один або декілька контурів.
2. Якщо контур один, то він може бути розімкненим або замкнутим.
3. Якщо контурів декілька, вони повинні бути або всі замкнуті, або всі розімкнені.
4. Допускається будь-який рівень вкладеності контурів.

### 18.1.2 Вимоги до елемента обертання

Вісь обертання необхідно зобразити в ескізі відрізком зі стилем лінії **«Осевая»**.

1. Вісь обертання повинна бути одна.
2. В ескізі може бути один або декілька контурів.
3. Усі контури повинні лежати по один бік від осі обертання.
4. Жоден з контурів не повинен перетинати вісь обертання (відрізок із стилем лінії **Осьова** або його продовження).
5. Якщо контур один, він може бути розімкненим або замкнутим. Якщо контурів декілька, всі вони повинні бути замкнуті.
6. Якщо в ескізі основи декілька контурів, один із них повинен бути зовнішнім, а інші – вкладеними в нього.
7. В ескізі основи допускається один рівень вкладеності контурів. В ескізі приклеюваного (вирізуваного) елемента допускається будь-який рівень вкладеності контурів.

### 18.1.3 Вимоги до кінематичного елемента

Під час формування кінематичного елемента використовуються перетин і траєкторія. Перетин завжди лежить в одному ескізі. Траєкторія може лежати в одному або декількох ескізах або складатися з ескізів, ребер і просторових кривих. Спосіб завдання траєкторії не впливає на вимоги, що ставляться до неї.

#### *18.1.3.1 Вимоги до ескізу перетину*

В ескізі-перетині може бути тільки один контур. Контур може бути розімкненим або замкнутим.

*Вимоги до траєкторії.*

Якщо траєкторія складається з *одного ескіза*, необхідно виконувати такі умови.

1. В ескізі-траєкторії може бути тільки один контур.
2. Контур може бути розімкненим або замкнутим.
3. Якщо контур розімкнений, його початок повинен лежати в площині ескізу-перетину.
4. Якщо контур замкнутий, він повинен перетинати площину ескізу-перетину.

5. Ескіз-траєкторія повинен лежати в площині, не паралельній площині ескізу-перетину і не співпадаючий із нею.

Якщо траєкторія складається з *декількох ескізів*, необхідно виконувати такі умови:

1. У кожному ескізі-траєкторії може бути тільки один контур. Контур повинен бути розімкненим.

2. Контури в ескізах повинні з'єднуватися один з одним послідовно (початкова точка одного співпадає з кінцевою точкою іншого).

3. Якщо ескізи утворюють замкнуту траєкторію, то вона повинна перетинати площину ескізу-перетину.

4. Якщо ескізи утворюють незамкнуту траєкторію, то її початок повинен лежати в площині ескізу-перетину.

5. Контур, який створює початок траєкторії, не повинен лежати в площині, паралельній площині перетину або співпадаючою з нею.

#### *18.1.3.2 Вимоги до ескізів перетинів*

Ескізи можуть бути розташовані в довільно орієнтованих площинах. У кожному ескізі може бути тільки один контур.

У крайніх (першому та останньому) ескізах може бути по одній крапці (замість контуру). Контури в ескізах повинні бути або всі замкнуті, або всі розімкнені.

*Вимоги до ескізу прямої:*

1. В ескізі може бути тільки один контур.

2. Контур в ескізі повинен бути сплайном (NURBS або криву Безьє).

3. Контур може бути розімкненим або замкнутим.

4. Якщо контур розімкнений, його кінцеві точки повинні лежати в площинах першого й останнього ескізів перетинів.

5. Якщо контури перетинів замкнуті, то ескіз прямої повинен перетинати площини ескізів перетинів усередині контурів перетинів або в точках, що належать цим контурам.

6. Якщо контури перетинів розімкнені, то ескіз прямої повинен перетинати контури ескізів перетинів.

7. Ескіз повинен лежати в площині, не паралельній площині ескізів перетинів.



## 18.2 Загальні властивості формоутворювальних елементів

Після виклику команди створення формоутворювального елемента на **Панелі властивостей** з'являються вкладки, що містять поля та перемикачі для керування параметрами елемента. На вкладці **«Параметры»** відображаються параметри операції, що формує елемент, а на вкладці **«Тонкая стенка»** – тонкої стінки, утвореної на основі поверхні цього елемента (рис. 18.1).

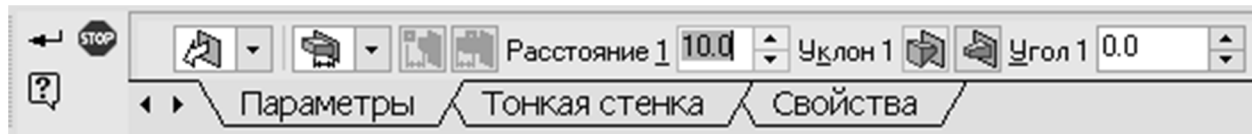


Рисунок 18.1 – **Панель властивостей** під час виконання команди **«Операция выдавливания»**

Усі значення параметрів під час їх введення та редагування негайно відображаються на екрані у вигляді фантому елемента. Фантом дає змогу візуально проконтролювати правильність завдання параметрів (рис. 18.2).

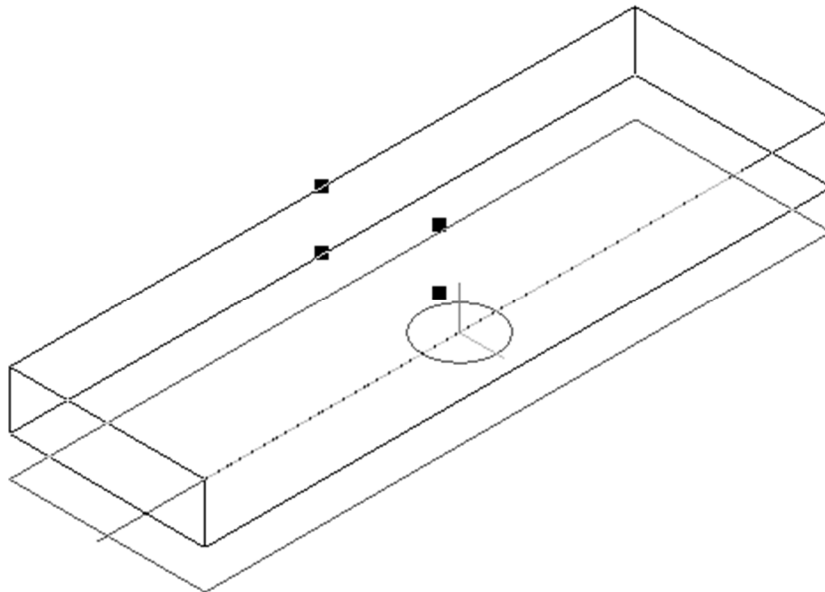



Рисунок 18.2 – Фантом створюваної деталі за допомогою команди **«Операция выдавливания»**

Після введення всіх параметрів елемента його можна зафіксувати в моделі, натиснувши кнопку **«Создать объект»** – . Автоматичне створення формоутворювальних елементів не передбачене.

### 18.2.1 Створення основи деталі

Побудова тривимірної моделі деталі починається зі створення основи – її першого формоутворювального елемента. Основа є у будь-якої деталі. Вона завжди одна.

Як основу можна використовувати будь-який із чотирьох типів формоутворювальних елементів: *«елемент выдавливания»*, *«элемент вращения»*, *«кинематический элемент»* і *«элемент по сечениям»*. Крім того, основою деталі може стати інша (наявна) деталь.

Для створення моделі необхідно приблизно уявляти конструкцію майбутньої деталі. Для цього потрібно розбити майбутню деталь на складові її формоутворювальні елементи (паралелепіеди, призми, циліндри, конуси, тора, кінематичні елементи тощо) і виключити з цієї конструкції фаски, скруглення, проточування та інші дрібні конструктивні елементи. Зазвичай як основу використовують найбільший із цих елементів. Якщо у складі деталі є декілька зіставних за розмірами елементів, як основу можна використовувати будь-який з них.

Іноді як основу застосовують простий елемент (наприклад паралелепіед, циліндр), описаний навколо проектованої деталі (або її частини). У деяких випадках можна вибрати основу, уявивши технологічний процес її виготовлення.


Загалом можна сказати, що універсальних рекомендацій щодо вибору основи деталі немає. Цей процес виробляє сам конструктор за зручним йому порядком моделювання після самостійного створення декількох моделей.

### 18.2.2 Створення ескізу основи

Побудова будь-якої основи починається зі створення ескізу. Ескіз розташовується на площині. Зазвичай, для побудови ескізу основи вибирають наявну у файлі деталі проекційну площину.

Вибір площини для побудови ескізу основи не впливає на подальший порядок побудови моделі та її властивості. Проте від нього залежить положення деталі при виборі стандартної орієнтації (рис. 18.3). Наприклад, якщо ескіз-перетин елемента витискування побудований у площині ХУ, то проекція елемента на вигляді спереду співпадатиме з формою ескізу.

Перед створенням ескізу основи необхідно виділити в **Дереві побудови** потрібну площину. Ескіз зручно будувати, коли його площина співпадає з площиною екрана. Якщо площина ескізу перпендикулярна до площини екрана, побудова неможлива.

Щоб створити ескіз у виділеній площині, викличте команду «Операции» ➤ «Эскиз» або натисніть кнопку «Эскиз» –  на панелі «Текущее состояние». Команду «Эскиз» можна також викликати з контекстного меню (рис. 18.4), для цього необхідно виділити потрібну площину та після цього в будь-якому місці екрану натиснути ПрК миші.

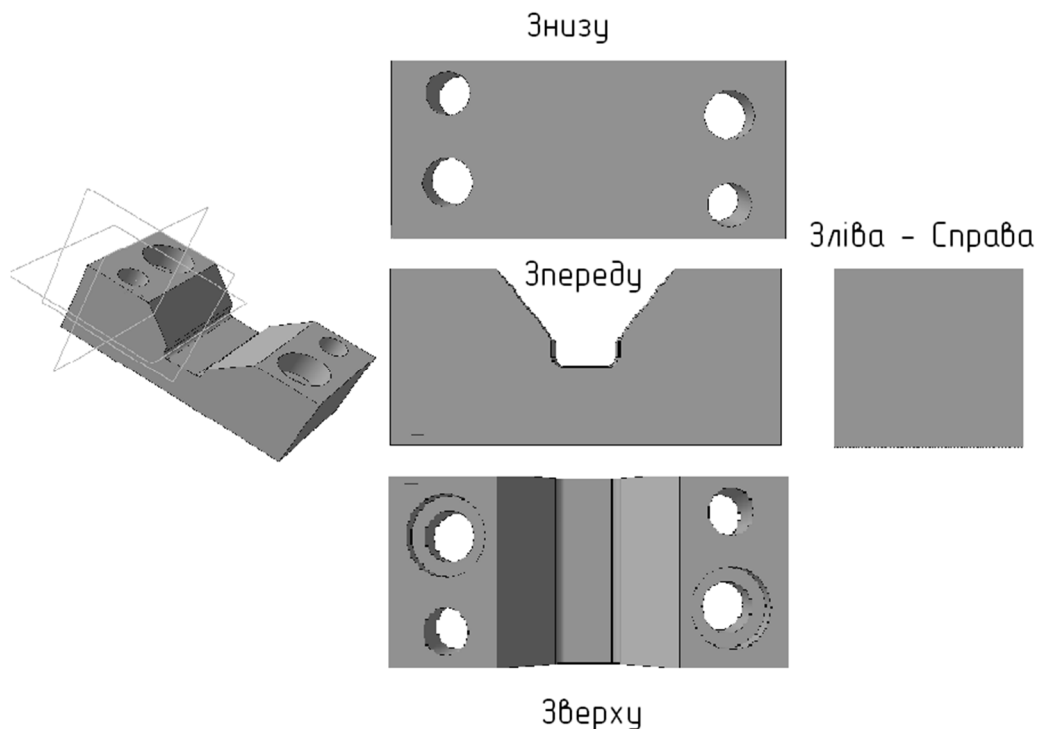


Рисунок 18.3 – Положення деталі щодо площин проєкцій

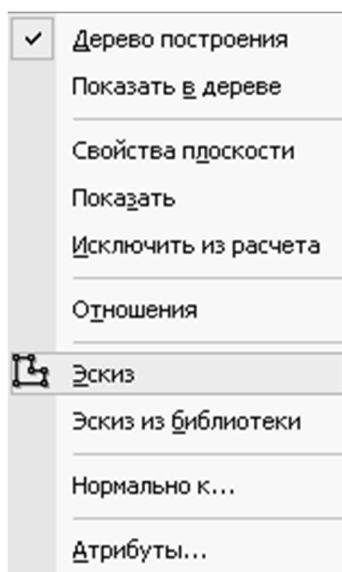


Рисунок 18.4 – Контекстне меню для виклику команди «Эскиз»

Можна не створювати новий, а використовувати вже наявний ескіз у бібліотеці.

Система перейде в режим редагування ескізу. Режим редагування ескізу практично не відрізняється від режиму редагування фрагмента. У ньому доступні всі команди створення та редагування графічних об'єктів, виділення, вимірювань, проставлення розмірів, накладення параметричних зв'язків і обмежень.

Виняток становлять команди створення таблиць і технологічних позначень у фрагменті, які в режимі редагування ескізу відсутні. Це обумовлюється з тим, що ці об'єкти у процесі переміщення ескізу не беруть участь в утворенні форми тривимірного елементу, і на відміну від розмірів вони не визначають конфігурацію ескізу.

Ескіз може містити текст. У разі виходу з режиму редагування ескізу всі тексти в ньому перетворюються в один або декілька контурів, які складаються з NURBS.

Якщо в ескіз потрапили таблиця або технологічне позначення (наприклад, вони були скопійовані через буфер обміну з графічного документа), це не перешкоджає подальшій роботі. Такі об'єкти не враховуються під час утворення об'ємного елемента. В ескізі вони зберігаються. Їх можна проглянути під час редагування ескізу. Якщо в ескіз випадково потрапить текст, то це призведе до появи додаткових контурів, які можуть спотворити результат операції або зробити її виконання неможливим.

За замовчанням у новому ескізі включений параметричний режим. Щоб створити параметричний режим у дійсному ескізі, викличте команду **«Сервис» ➤ «Параметры» ➤ «Текущий эскиз» ➤ «Параметризация»**.

Для налаштування параметричного режиму ескізів у всіх новостворюваних моделях викличте команду **«Сервис» ➤ «Параметры» ➤ «Новые документы» ➤ «Модель» ➤ «Эскиз» ➤ «Параметризация»**.

Створіть в ескізі зображення перетину основи деталі (або траєкторії переміщення перетину). У разі необхідності надайте параметричні зв'язки та обмеження.

Коли створення ескізу закінчене, необхідно повернутися в режим тривимірних побудов. Для цього викличте з контекстного меню команду **«Эскиз»** або відтисніть кнопку **«Эскиз»** на **Панелі керування**. Система перейде в режим тривимірного створення. У **Дереві побудови** з'явиться піктограма нового ескізу. Вона буде виділена кольором. Ескіз підсвічуватиметься у вікні деталі.

За замовчанням система налаштована так, що створюючи новий ескіз, модель автоматично повертається в орієнтацію *«Нормально к...»* відносно площині ескізу, а виходячи з режиму ескізу повертається в колишнє положення. Цю та інші налаштування автоматичного установлення орієнтації можна змінити в діалозі *«Налаштування параметров управління изображением»*.

Команди створення елементів-основ знаходяться в меню **«Операции»**. Кнопки для їх швидкого виклику згруповані на панелі **«Редактирование детали»** (рис. 18.5).



1) у новому документі 3D моделюванні в **Дереві побудови** необхідно виділити потрібну площину для створення ескізу основи деталі (рис. 18.6);



- 231

становляться активними під час створення ескізу на **Компактній панелі** для 3D моделювання;

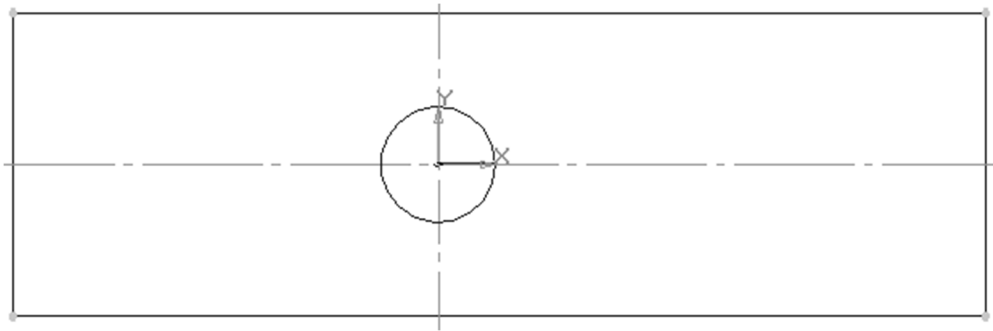



Рисунок 18.7 – Приклад ескізу основи моделі прихвату

4) після того, як ескіз побудований, необхідно відтиснути кнопку «Ескіз» – . У вікні моделі з'явиться готовий вигляд основи моделі деталі, з якою тепер можна здійснювати формоутворювальні операції;

5) необхідно викликати потрібну команду формоутворювального елементу (**«Операция выдавливания»**, **«Операция вращения»**, **«Кинематическая операция»** тощо), враховуючи відповідні вимоги, що були вказані вище у п. 1;

6) внизу екрану з'явиться **Панель властивостей** відповідно до викликаної команди, в якій необхідно задати потрібні параметри створюваного елемента (див. рис. 18.1);

7) тепер натисніть кнопку **«Создать»** на **Панелі властивостей** або сполучення клавіш **<Ctrl> + <Enter>**. Створений елемент витискування з'явиться у вікні деталі, а відповідна йому піктограма – у **Дереві побудови** (рис. 18.8).

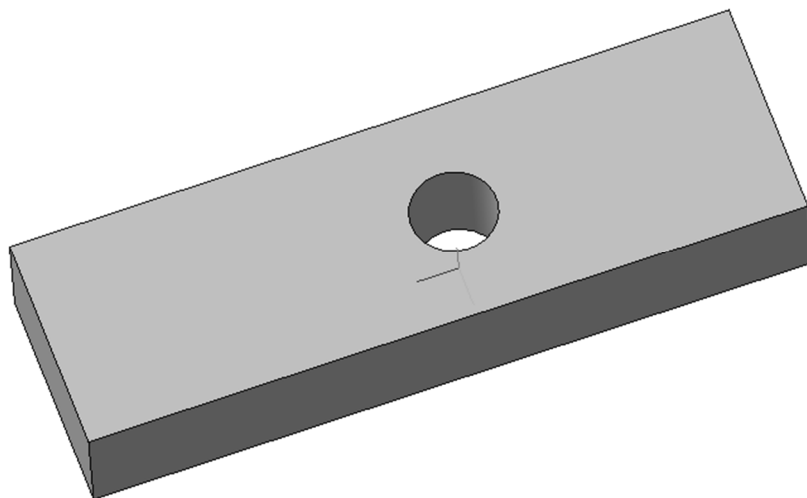


Рисунок 18.8 – Приклад моделі прихвату створеної за допомогою команди **«Операция выдавливания»**

Нижче коротко розглянемо ці формоутворювальні елементи.

Таблиця 18.1 – Опис формоутворювальних елементів

Назва формоутворю- вального елемента	Опис формоутворювального елемента	Приклад отриманих моделей з ескізами, що їх утворили
<b>Елемент витискування</b>	Для створення основи деталі у вигляді елемента витискування викличте команду <b>«Операция выдавливания»</b> . Ця команда доступна, якщо в моделі ще немає основи деталі, і виділений один ескіз	
<b>Елемент обертання</b>	Для створення основи деталі у вигляді елемента обертання викличте команду <b>«Операция вращения»</b> . В ескізі необхідна хоча б одна вісь	
<b>Кінематичний елемент</b>	Для створення основи деталі у вигляді <b>Кінематичного елемента</b> викличте команду <b>«Кинематическая операция»</b> . Команда <b>«Кинематическая операция»</b> доступна, якщо в моделі ще немає основи деталі, але є не менше двох ескізів	
<b>Елемент по перетинах</b>	Для створення основи деталі у вигляді елемента по перетинах викличте команду <b>«Операция по сечениям»</b> . Команда доступна, якщо в моделі ще немає основи деталі, але є не менше двох ескізів	

#### 18.2.4 Команда «Деталь-заготовка»

Зручний прийом моделювання виробів, які відрізняються тільки деякими конструктивними елементами – використання як основи деталі раніше підготовленої моделі, яка є заготівкою. Модель деталі, яку потрібно використовувати як основу іншої деталі, повинна бути сформована і записана на диск у файл з будь-яким ім'ям.

Щоб використовувати готову модель деталі як основу дійсної деталі, викличте команду **«Операции»** ➤ **«Деталь-заготовка...»**. Команда **«Деталь-заготовка...»** доступна, якщо в дійсній моделі ще немає основи деталі.

Після виклику команди на екрані з'явиться стандартний діалог вибору файлів. Виберіть у ньому файл, що містить потрібну деталь. Вкажіть, чи повинна заготовка зберігати зв'язок із файлом-джерелом. Для цього активізуйте відповідний перемикач у групі **«Способ вставки»** на **Панелі властивостей**. Якщо потрібно, щоб основа дійсної деталі була дзеркальною копією деталі-заготовки, включите опцію **«Зеркальная деталь»**.

Указавши параметри вставки, підтвердите створення основи із заготовки.

Деталь-заготовка буде вставлена в поточний файл і прийнята за основу деталі. У **Дереві побудови** з'явиться піктограма, що відповідає способу вставлення: **«Заготовка, вставленная внешней ссылкой»**, **«Заготовка без истории»**.

Подальша робота з основою («приклеювання» і «вирізування» додаткових об'ємів, побудова фасок, отворів тощо) нічим не відрізняється від роботи з основою, отриманою шляхом операції над ескізом.

Яким би способом деталь-заготовка не вставлялася в модель, редагувати елементи заготовки в моделі неможливо. Змінити елементи можна тільки у вставлених посиланнях заготовки й тільки в її файлі-джерелі.

#### 18.2.5 Робота з іншими командами формоутворювальних елементів

Коли вже створена модель деталі, але вона не є кінцевою, для отримання необхідної форми деталі можна використовувати, крім описаних вище, інші формоутворювальні й конструктивні команди: **«Вырезать выдавливанием»**, **«Вырезать вращением»**, **«Вырезать кинематически»**, **«Вырезать по сечения»**, **«Скругление»**, **«Фаска»**, **«Отверстие»**, **«Ребро жесткости»**, **«Оболочка»**, **«Сечение поверхностью»**, **«Сечение по эскизу»**, **«Массив по сетке»**, **«Массив по концентрической сетке»**, **«Массив вдоль кривой»**, **«Зеркальный массив»**, **«Зеркально отразит тело»** тощо.

Методика виконання цих операцій аналогічна до пункту 18.2.3. Але спочатку необхідно визначити, які команди необхідні для створення кінцевого вигляду деталі.



Після того як було створено модель деталі, потрібно дотримуватись таких кроків:

1) визначити, яка операція потрібна далі. Після цього необхідно виділити робочу поверхню на моделі для подальшого створення інших формоутворювальних елементів (рис. 18.9);

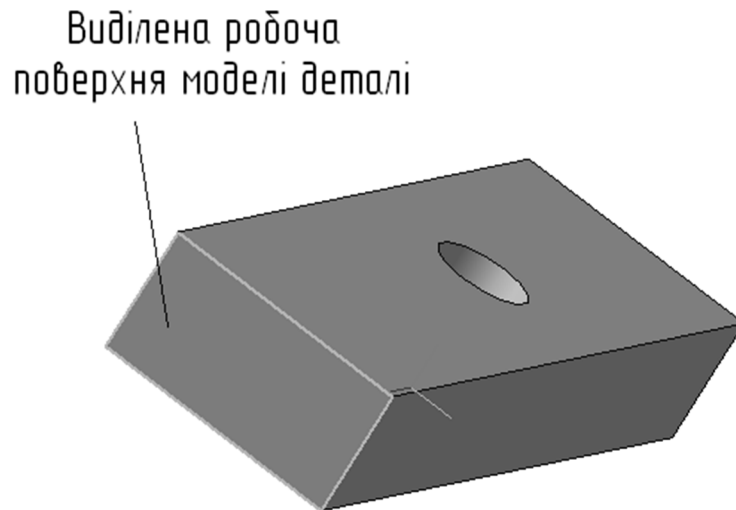



Рисунок 18.9 – Приклад виділення поверхні деталі, на якій необхідно створити інший формоутворювальний елемент

- 2) натиснути кнопку «Ескиз» –  на панелі «Текущее состояние»;  
3) створюємо необхідний ескиз для виділеної поверхні (рис. 18.10);

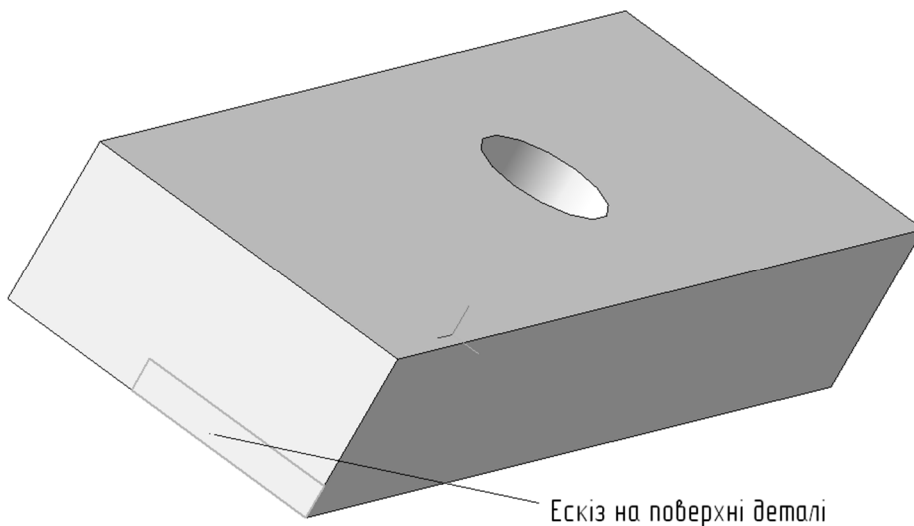



Рисунок 18.10 – Приклад створення ескизу на поверхні деталі

4) після того, як ескиз побудований, потрібно відтиснути кнопку «Ескиз» – . У вікні моделі з'явиться деталь зі створеним ескизом на обраній поверхні;

5) далі необхідно вибрати потрібну операцію формоутворювальних чи конструктивних команд, наприклад **«Вырезать выдавливанием»**. Унаслідок чого буде отримана якась модель деталі (рис. 18.11);

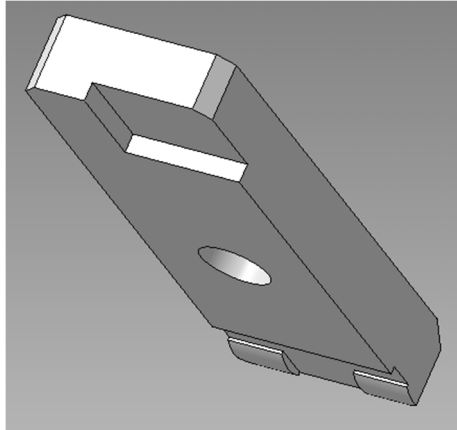


Рисунок 18.11 – Отримана модель деталі після виконання команди **«Вырезать выдавливанием»**

6) якщо модель не має кінцевого вигляду аналогічно до пунктів 1 – 5, можна здійснювати операції за допомогою інших команд, поки не буде отримана необхідна деталь (рис. 18.12):

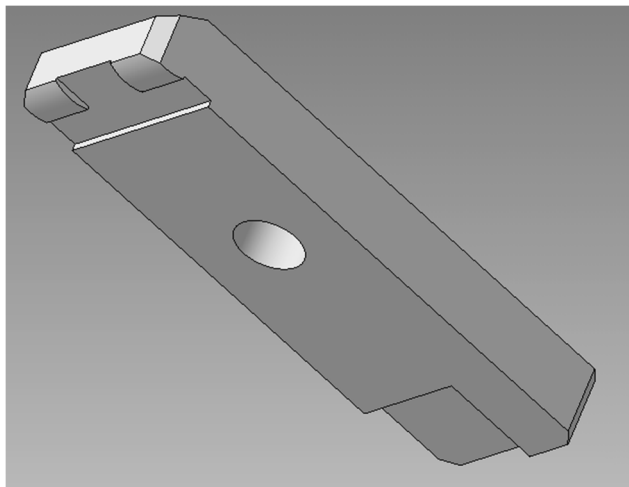


Рисунок 18.12 – Кінцевий вигляд отриманої деталі

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Перелічіть вимоги до елемента витискування.
2. Як створюють основу деталі?
3. За допомогою яких операцій створюють ескіз 3D-моделі?
4. Як виконують формоутворювальні операції?
5. Для чого необхідна **«Деталь-заготовка»**?

## 19 ПРОЕКТУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ У СИСТЕМІ КОМПАС

Проектування тривимірної моделі будь-якого пристрою в системі КОМПАС відрізняється від звичайного проектування, яке починається з прорисовки ескіза, а потім викреслювання пристрою.

Після аналізу вихідних даних розпочинають креслити загальний вигляд пристрою. Правильність ухвалених конструкторських рішень підтверджують розрахунками за визначенням похибок базування, точністю обробки пристрою, надійністю закріплення заготовки, міцності деталей пристрою та з метою встановлення економічної ефективності застосування останнього.

### 19.1 Режим створення збірки 3D

*Методика створення тривимірних моделей збірок* підрозділяється на три способи.

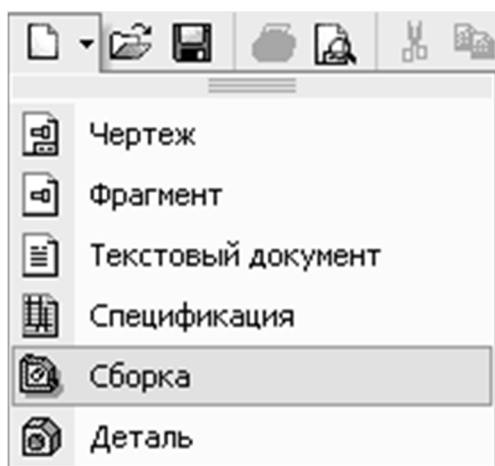
**Перший спосіб** – «знизу – вгору». Створення моделі збірки на підставі простих моделей (підзбірок) і моделей деталей. Іноді такий тип збірки називають «знизу – вгору». Для побудови такої збірки моделі деталей необхідно спроектувати й зберегти в окремих файлах. Конструкцію збирають у тривимірному просторі з цих моделей деталей аналогічно реальній збірці, при цьому задаються умови їх спряження одне з одним.

**Другий спосіб** – «зверху – вниз». У цьому разі спочатку проектують збірку, а потім на її підставі будують окремі деталі. Тобто прості моделі й підзборки не створені, а створюються вони в режимі «**Сборка**». Отже, кожна деталь створюється аналогічно до конструювання в режимі «**Ескиз**». Крім того, коли змінюється ескіз збірки, змінюється і конфігурація її компонентів. Такий тип збірки називається збіркою «зверху – вниз».

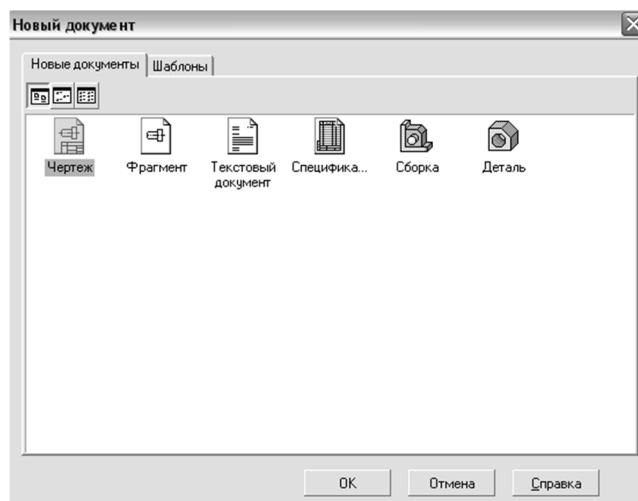
**Третій спосіб** – у цьому разі модель збірки створюються змішаним способом проектування, що поєднує обидва способи.

Для створення моделей збірки використовують режим «**Сборка**»:

- на панелі інструментів «**Стандартная**» клацніть ЛК по кнопці «**Создать**». У діалоговому вікні «**Новый документ**», що з'явиться, виділіть значок «**Сборка**» (рис. 19.1);
- натисніть кнопку **ОК**.



а



б

Рисунок 19.1 – Виклик режиму «Сборка»:

а – за допомогою панелі інструментів;  
б – за допомогою ГОЛОВНОГО МЕНЮ

## 19.2 Компактна панель в режимі «Сборка»

До складу **Компактної панелі**, окрім знайомих за режимом «Деталь», додано дві панелі – «*Редактирование сборки*» і «*Сопряжения*» (рис. 19.2).

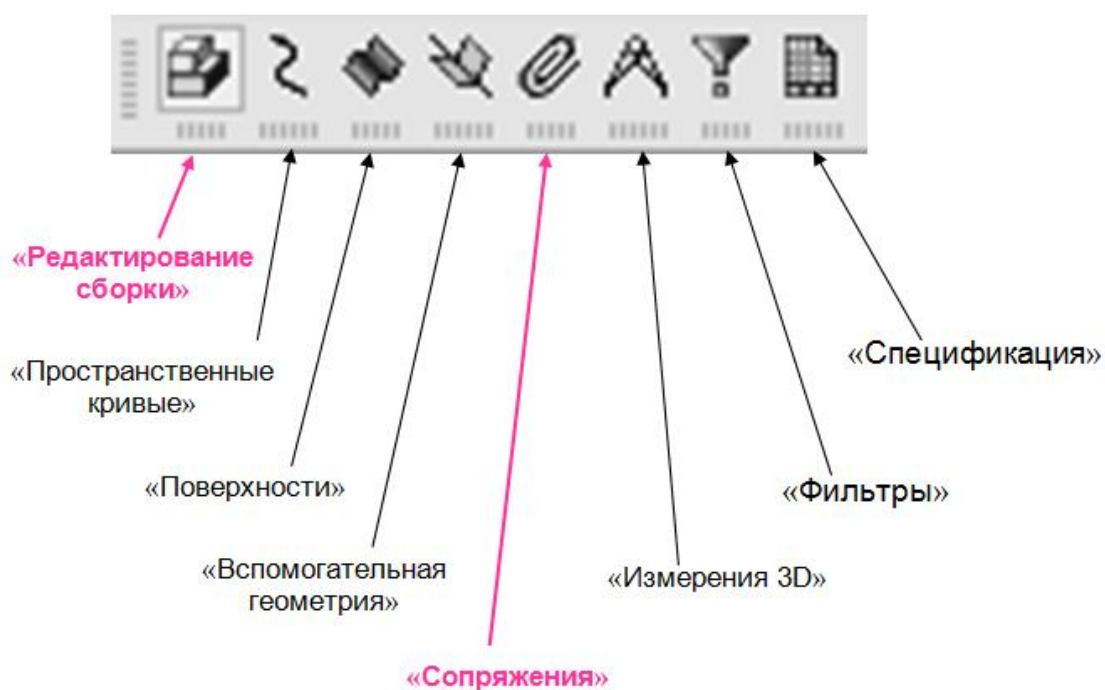



Рисунок 19.2 – Компактна панель у режимі «Сборка»

Панель інструментів «*Редактирование сборки*»  наведена на рисунку 19.3 (див. також розд. 17.2.2).

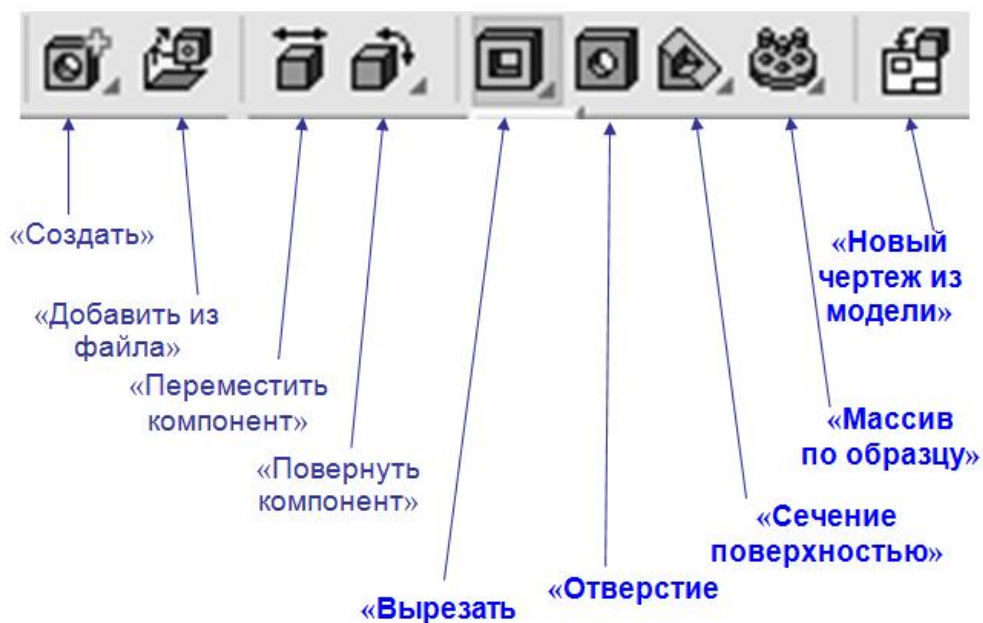


Рисунок 19.3 – Панель інструментів «*Редактирование сборки*»

У момент відкриття режиму на панелі «*Редактирование сборки*» активна тільки одна кнопка «*Добавить из файла*».


Панель інструментів «*Сопряжения*»  зображена на рисунку 19.4 (також див. розд. 17.2.2).



Рисунок 19.4 – Панель інструментів «*Сопряжения*»

Показником для накладання сполучень є відсутність конфліктних сполучень у **Дереві моделі**. За наявності конфліктних сполучень на елементі в **Дереві моделі** з'являється знак оклику (рис. 19.5).



Рисунок 19.5 – Знаки конфліктності сполучень

Тому для накладання сполучень (параметричних зв'язків) на компоненти необхідно виконувати такі вимоги:

1. Не можна на компоненти накладати сполучення, які суперечитимуть один одному.
2. Якщо один компонент зафіксований, то рухливість другого компонента буде обмежена.
3. Якщо елементи належать тому самому компоненту, то вони не можуть брати участь у збірці.

Після того, як задані всі необхідні сполучення між деталями і збірками та немовби зафіксовані в реальній збірці, модель вважається зібраною.

### 19.3 Особливості створення моделі збірки

Створення тривимірної моделі збірки має такі особливості:

- деталі, підзборки, стандартні вироби називаються компонентами збірки;

- як і у разі створення моделі *«Детали»*, необхідно продумати, які деталі будуть входити у збірку верхнього рівня, а які збиратися в так звані вузли збірки (підзборки);

- конструктор повинен спочатку визначити, який із компонентів необхідно першим вставити у збірку. Це головний компонент збірки, до якого далі будуть приєднуватися інші компоненти. Він за замовчанням зафіксований і до нього не можна використати умови сполучення. Після вставлення компонента в збірку він відображається в **Дереві побудови**. У подальшому у разі необхідності головний компонент можна бути звільнити;

- після вставлення наступного компонента на нього необхідно накласти необхідні умови сполучення з головним компонентом. За замовчанням вставлений компонент не зафіксований і тому має шість степенів свободи: три лінійні (переміщення) і три кутові (обертання). Необхідні умови сполучення визначає розробник. Сполучення дають можливість точно розташувати компоненти в збірці. Задаючи сполучення, можна визначити, як компоненти переміщуються та обертаються відносно головного та інших компонентів. Послідовно додаючи взаємозв'язки сполучення, можна встановити компоненти в потрібне положення.

Сполучення створюють геометричні взаємозв'язки, такі як концентричність, доторканість, збіг, перпендикулярність, паралельність тощо;



- кожний компонент збірки можна розгорнути в **Дереві побудови**, натиснувши на знак «плюс» поруч з ім'ям компонента чи вузла;

- у разі необхідності будь-який компонент може бути зафіксованим (якщо для компонента повністю задано умови сполучення, то його не можна зафіксувати);

- той самий компонент може вставлятися у збірку неодноразово;

- з моделі збірки можна отримати інформацію про взаємне положення та зв'язки між параметрами елементів – збіг вершин, паралельність граней тощо. Будь-яке сполучення можна усунути чи відредагувати.

### 19.3.1 Контроль зіткнень

Під час редагування збірки на **Панелі властивостей** команди **«Переместить компонент»**  на панелі спеціального керування натисніть кнопку **«Включить/выключить контроль соударений»** , після цього параметри цієї панелі активізуються (рис. 19.6). Елементи керування панелі розглянуті нижче (див. табл. 19.1).

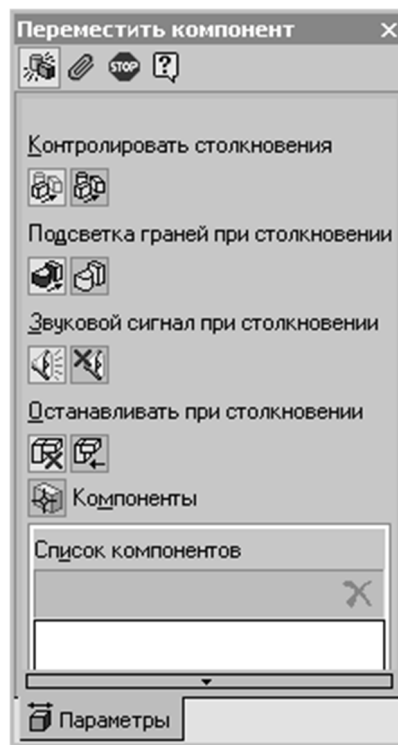









Рисунок 19.6 – Панель властивостей: **«Переместить компонент»**

Таблиця 19.1 – Елементи керування панелі **«Переместить компонент»**

Елемент керування	Опис настройки
«Контролировать столкновения»	
 «Только передвигаемый компонент»	У цьому разі контроль зіткнень здійснюється тільки для пересуваного компонента
 «Все компоненты»	Контроль здійснюється для будь-яких пересувних компонентів
«Подсветка граней при столкновении»	
 «Подсветка граней при столкновении включена»	При включеній кнопці підсвічуються всі грані, що мають контакт із пересувним компонентом
 «Подсветка граней выключена»	
«Звуковой сигнал при столкновении»	
 «Звуковой сигнал при столкновении включен»	При включеній кнопці роздається звуковий сигнал під час зіткнення компонентів
 «Звуковой сигнал при столкновении выключен»	
«Останавливать при столкновении»	
 «Останавливать при столкновении»	При включеній кнопці підсвічуються всі грані, що мають контакт із пересувним компонентом. При включеній кнопці пересувний компонент зупиняється під час зіткнення
 «Не останавливать при столкновении»	
«Компоненты»	
 «Выбрать компоненты»	При включеній кнопці з’являється панель зі списком компонентів для контролю зіткнень. Щоб додати компонент у список, виділіть потрібний компонент у <b>Дереві побудови</b>

### 19.3.2 Редагування збірки

Редагування компонента можна проводити двома способами:

- в окремому вікні, що містить тільки цей компонент (рис. 19.7);
- на місці – у контексті збірки (рис. 19.8).



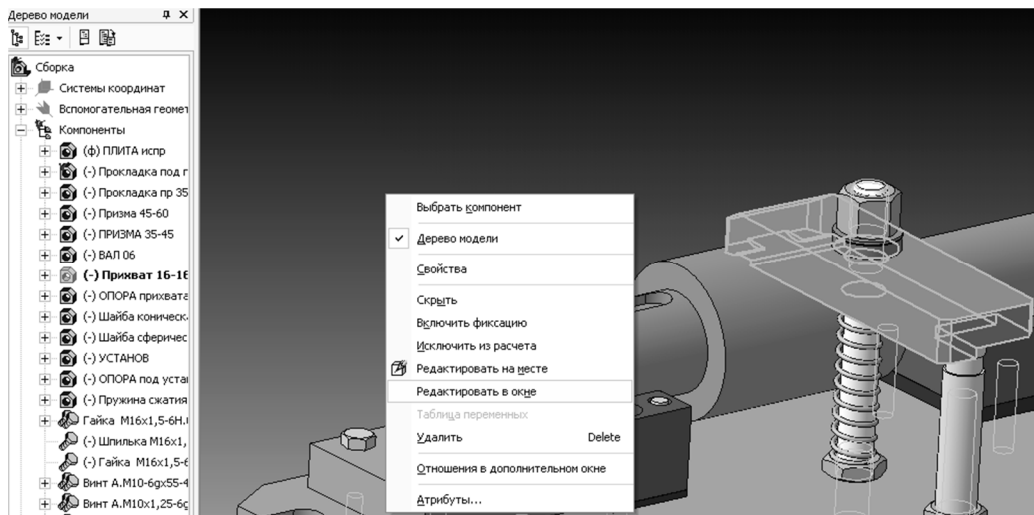


Рисунок 19.7 – Редагування компонента в окремому вікні

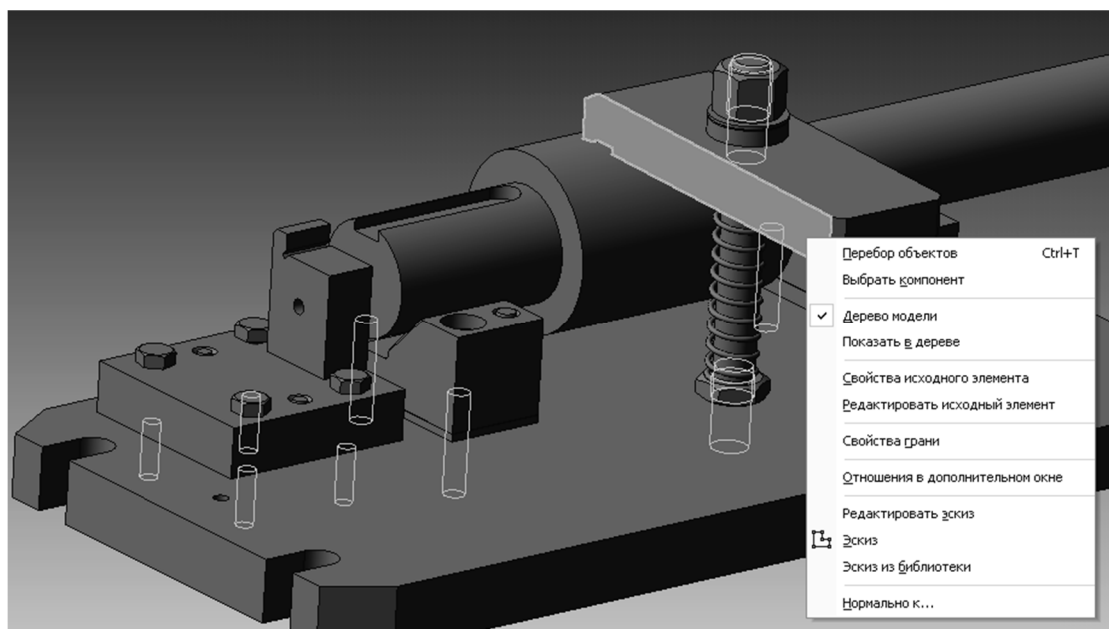


Рисунок 19.8 – Редагування компонента на місці – в контексті збірці


### 19.3.2.1 Редагування компонента у вікні

– у **Дереві моделі** виділіть редагований компонент у збірці. Цей компонент виділиться у вигляді каркаса паралелепіпеда;


– клацніть **ПрК** миші та в контекстному меню виділіть пункт **«Редактировать в окне»**. Редагована збірка з'явиться в центрі екрана. Почніть редагувати збірку. Виділіть потрібний елемент у **Дереві моделі** й викличте команду **«Редактировать»** із контекстного меню. Після виконаного редагування об'єкта натисніть кнопку **«Создать объект»**;


– викличте команду **«Файл» ➤ «Закрить»** чи кнопку **«Закрить»** у вікні моделі. Система виводить на екран діалогове вікно із запропонуванням зберегти зміни;

– натисніть кнопку **«Да»**. Вікно закриється, на екрані з'явиться відрахована збірка. Клацніть ЛК миші в будь-якому місці екрана для зняття виділення;

– викличте команду **«Перестроить»** .


#### 19.3.2.1 Редагування компонента на місці

– виділіть у **Дереві моделі** необхідний елемент. Цей компонент висвітлиться у збірці. Одночасно на панелі інструментів **«Текущее состояние»** активізується кнопка **«Редактировать на месте»** .

– клацніть ПК миші й з контекстного меню виберіть команду **«Редактировать на месте»** або натисніть кнопку **«Редактировать на месте»**  на панелі інструментів **«Текущее состояние»**. Збірка у вікні виділиться зеленим кольором, а компонент синім (див. рис.19.8). У **Дереві моделі** редагований компонент і його сполучення виділені голубим кольором;

– з контекстного меню виберіть команду **«Редактировать исходный элемент»** або **«Редактировать эскиз»** (див. рис.19.8);

– після операції редагування натисніть кнопку **«Создать объект»**. Компоненти перебудуються;


– натисніть кнопку **«Редактировать на месте»** . Система виведе на екран діалогове вікно із запропонуванням перебудувати збірку;

– натисніть кнопку **«Да»**.

#### 19.3.3 Перевірка перетинів компонентів

Система КОМПАС-3D дає змогу виконати перевірку щодо можливого перетинання її компонентів. Це називається перевіркою складеності **«Сборки»**.

– у **Дереві моделей** натисніть на знак «+», розкрийте всі елементи збірок, які необхідно перевірити на перетин (рис. 19.9);

– на панелі інструментів **Компактна панель** розкрийте панель **«Измерения»**. У правій частині натисніть кнопку **«Проверка пересечений»**  (рис. 19.10) або з рядку **Головного меню «Сервис» ➤ «Проверка пересечений»**;

– на **Панелі властивостей**, що з'явилася: *«Проверка пересечений»* розкриються два вікна, *«Список компонентов»* і *«Обнаруженные пересечения»* (рис. 19.11). Якщо хочете рахувати торкання як перетин, то поставте ЛК миші прапорець *«Считать касания пересечениями»*;

– у **Дереві моделей** ЛК миші виділіть ті елементи збірки, які хочете перевірити на перетин. На **Панелі властивостей** ці компоненти відтворюються на панелі *«Список компонентов»*;

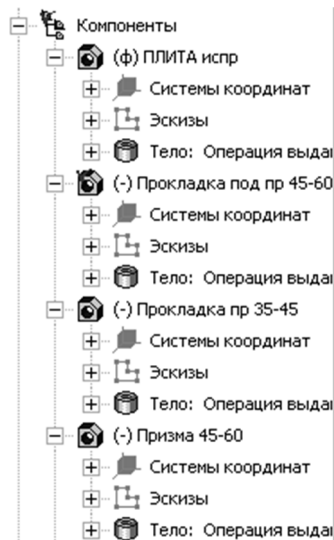


Рисунок 19.9 – Розкриття всіх елементів збірок

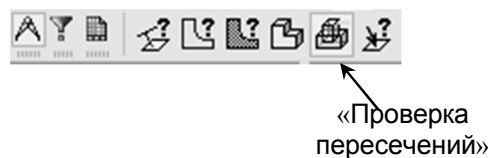


Рисунок 19.10 – Інструментальна панель *«Измерения»*

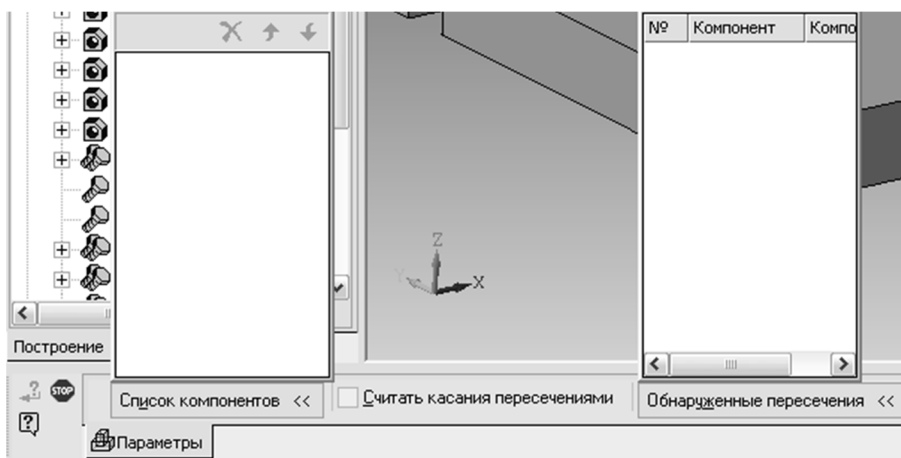


Рисунок 19.11 – Розкриття двох вікон *«Список компонентов»* і *«Обнаруженные пересечения»* на Панелі властивостей

– виділіть один із компонентів у цьому списку. Можна змінити порядок компонентів у списку, натиснувши кнопки **«Переместить вверх»** або **«Переместить вниз»** (рис. 19.12);

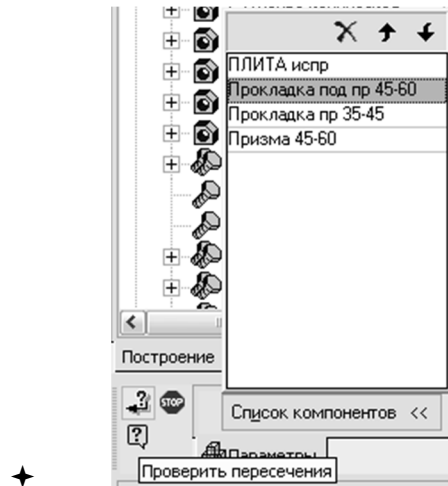


Рисунок 19.12 – **«Список компонентов»** на Панелі властивостей



– натисніть кнопку **«Проверить пересечения»** . У вікні **«Обнаруженные пересечения»** відтворюються результати перевірки: порядковий номер перетину та назва пересічних компонентів (рис. 19.13). Для виходу з команди натисніть кнопку **«Прервать команду»** .



Рисунок 19.13 – Вікно **«Обнаруженные пересечения»** з результатами перевірки

#### 19.4 Приклад проектування моделі способом «знизу – вгору»

Складність збірок, що створюються в системі КОМПАС-3D, може змінюватись у найширших межах: від двох моделей деталей до сотні. Єдиним обмеженням розміру збірки є потужність комп'ютера і швидкодія

процесора. Особливо на швидкодію впливає обсяг оперативної пам'яті: чим більша збірка – тим більшим повинен бути обсяг оперативної пам'яті.

У цьому прикладі розглядається збірка запроєктованого пристрою для фрезерування шпонкового пазу на східчастому валу:

– для цього було розраховано та здійснено робоче креслення цього пристрою (рис. 19.14), а також його деталювання;

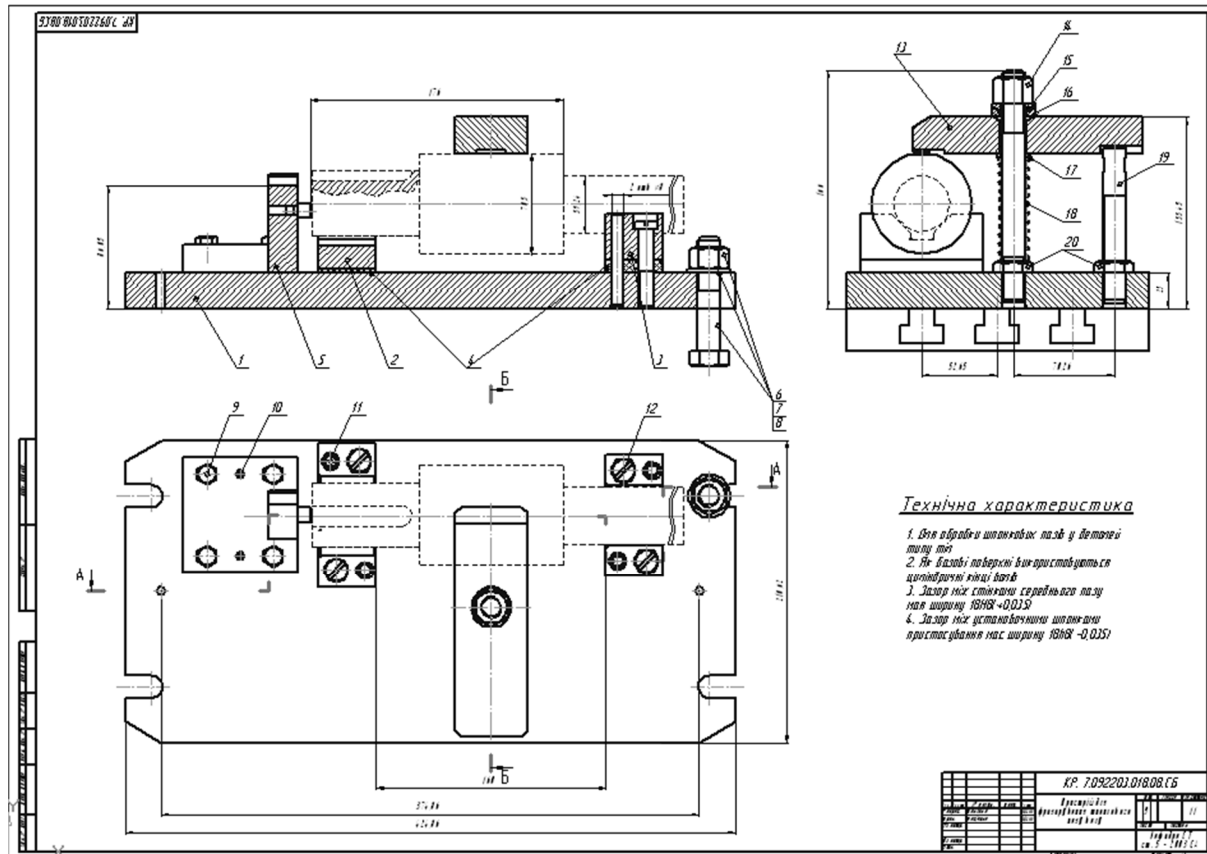


Рисунок 19.14 – Робоче креслення запроєктованого пристрою

– на підставі цих креслень було створено оброблювану деталь і моделі деталей, які необхідно об'єднати у збірку (рис. 19.15), як це робиться в реальних умовах у процесі створення подібних пристроїв;

– визначаємо головний компонент збірки. Для цього пристрою базовою деталлю є плита;

– далі встановлюємо гумові прокладки під опорні призми (рис. 19.16);

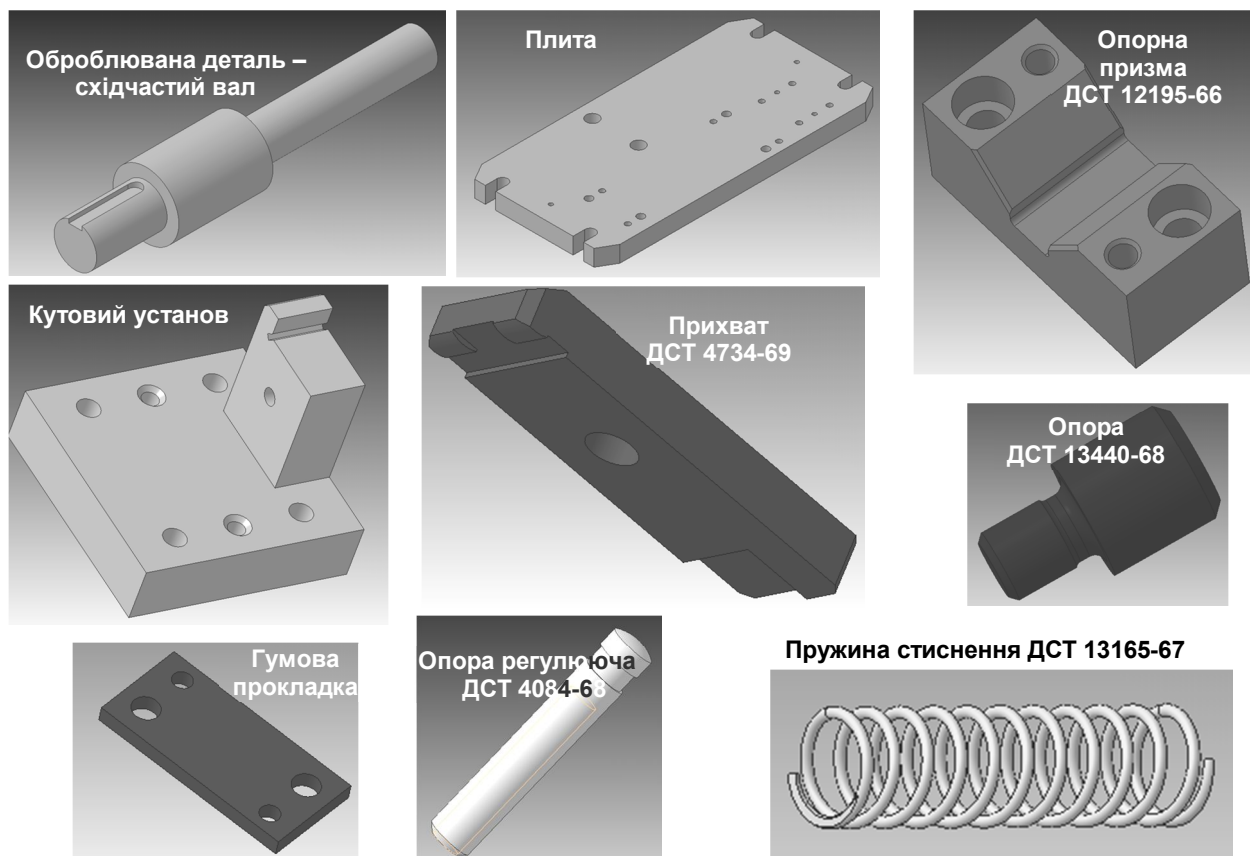


Рисунок 19.15 – Створені моделі деталей для збірки пристрою

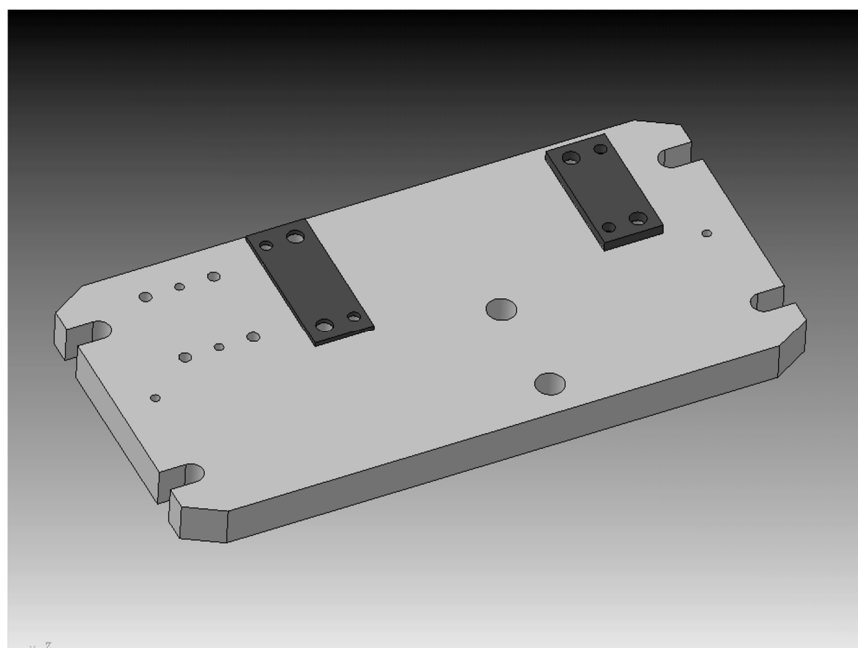


Рисунок 19.16 – Установлення гумових прокладок

– як установчі елементи під шийки валів 1 і 3 на прокладки встановлюємо опорні призми для запобігання перекосу східчастого валу (рис. 19.17);

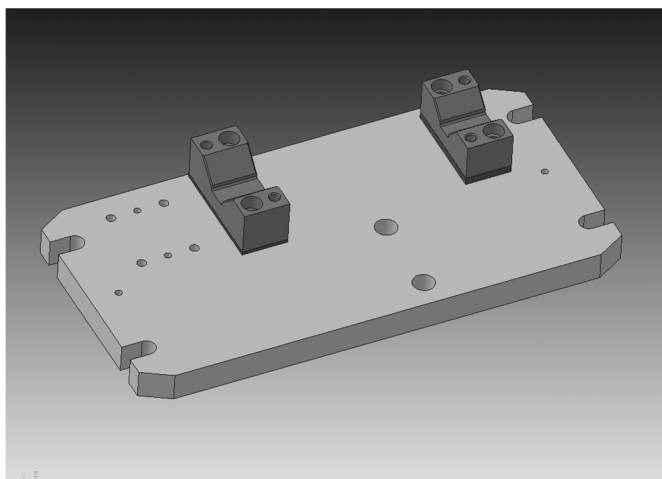


Рисунок 19.17 – Установлення опорних призм

– для того щоб в подальшому правильно зібрати пристрій, встановлюємо оброблювану деталь, а як напрямний елемент для запобігання повздовжнього зсуву деталі – кутовий установ. Налаштування пристрою на верстаті робимо за допомогою стандартного плоского щупа завтовшки 3 мм, як установчий елемент для орієнтації валу в осьовому напрямі використовуємо постійну опору  $D = 10H5$  мм (рис. 19.18);

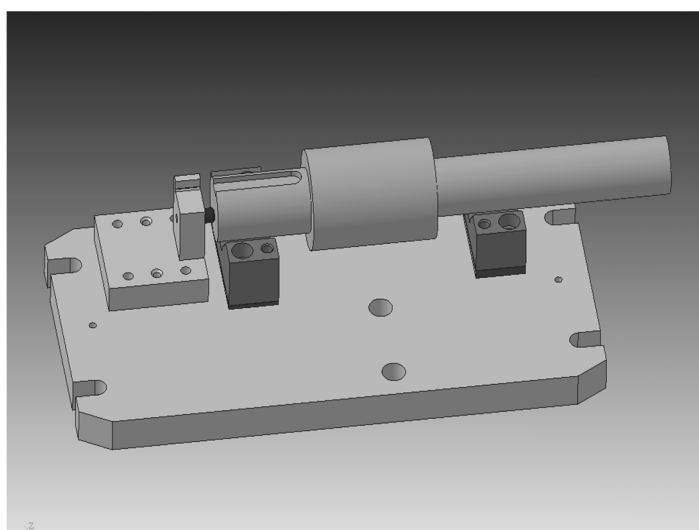


Рисунок 19.18 – Установлення деталей для запобігання повздовжнього зсуву вала

– для того щоб затиснути деталь у вертикальному напрямі за допомогою різьбового прихвата, необхідно підібрати для нього кріпильний комплект, що складається зі стандартних деталей: шпилька ДСТ 22036-76, опора регульовальна ДСТ 4084-68, шайба сферична ДСТ 13438-08, шайба конічна ДСТ 13439-08, шайба пружинна ДСТ 6402-70, гайка висока

шестигранна ДСТ 15524–70, гайки низькі шестигранні ДСТ 5929-70. Процес збірки зазначеного комплекту наведений на рисунку 19.19;

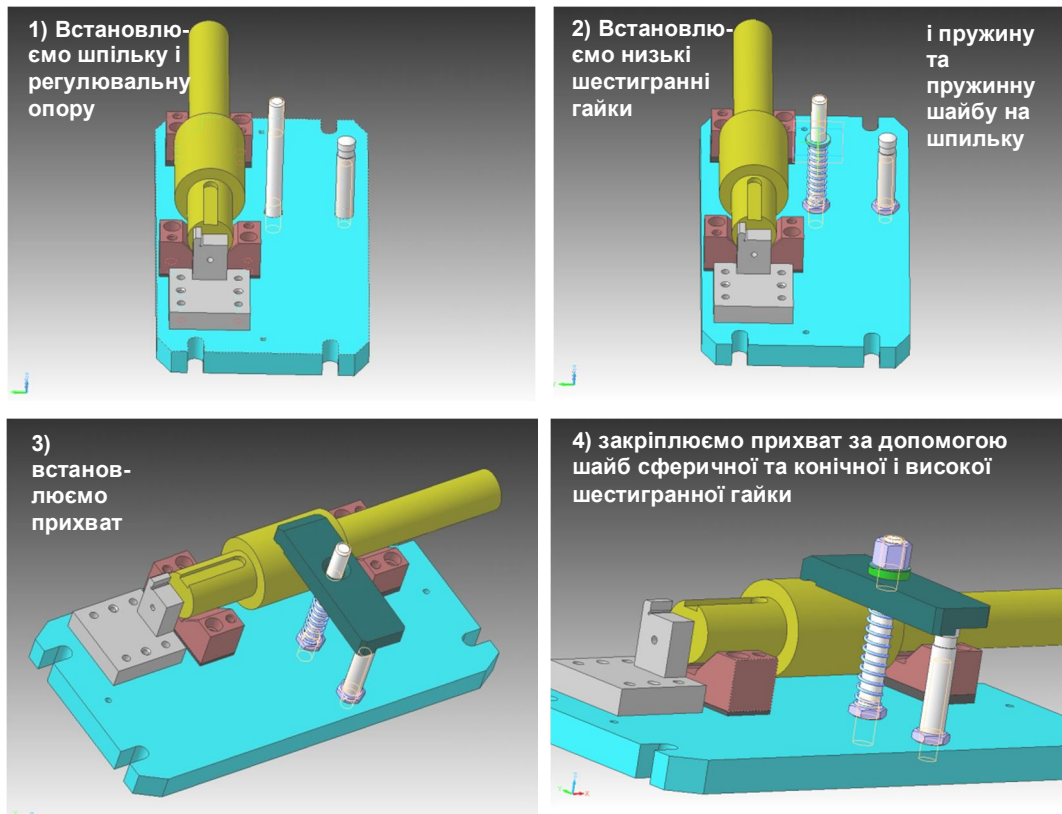


Рисунок 19.19 – Процес збірки кріпильного комплекту прихвата

— для закріплення всіх установчих деталей додаємо кріпильні деталі (рис. 19.20), які беремо з конструкторської бібліотеки програми КОМПАС («Бібліотеки» ➤ «Стандартне изделия» ➤ «Вставить элемент...»), відкриється діалогове вікно «Бібліотека стандартных изделий» (див. рис. 19.21).

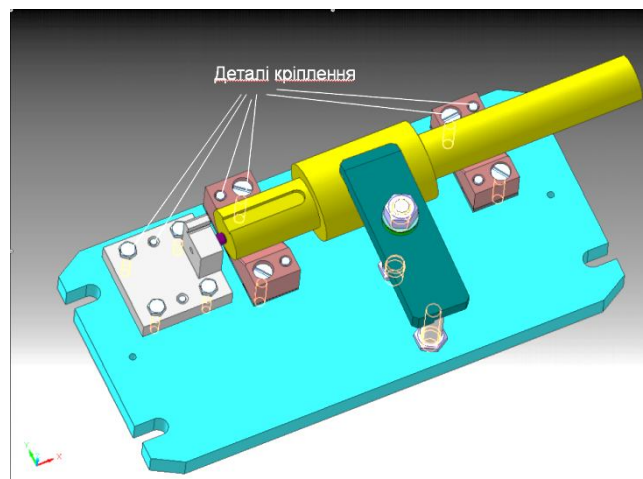



Рисунок 19.20 – Закріплення установчих елементів





## 19.5 Рознесення компонентів збірки

При великих збірках для демонстрації внутрішнього вмісту збірки потрібно рознести компоненти. Для цього виконати таке:

- відкрийте документ **«Сборка»**;
- з рядка меню викличте команду **«Сервис»** ➤ **«Разнести компоненты»** ➤ **«Параметры»** (рис. 19.23). З'явиться **Панель властивостей: «Разнести компоненты»** (рис. 19.24);
- у вікні **«Шаг разнесения»** натисніть кнопку **«Добавить»** . У списку кроків відіб'ється перший крок рознесення **«Шаг 0»**;
- на **Панелі властивостей** у вікні **«Расстояния»** введіть значення рознесення компонентів;
- на **Панелі властивостей** натисніть кнопку **«Объект»** для вказання напрямку рознесення компонентів;
- ЛК миші вкажіть ребро або грань, перпендикулярно до якої розноситимуться компоненти. Після цього всі задані компоненти будуть рознесені один від одного (рис. 19.25).

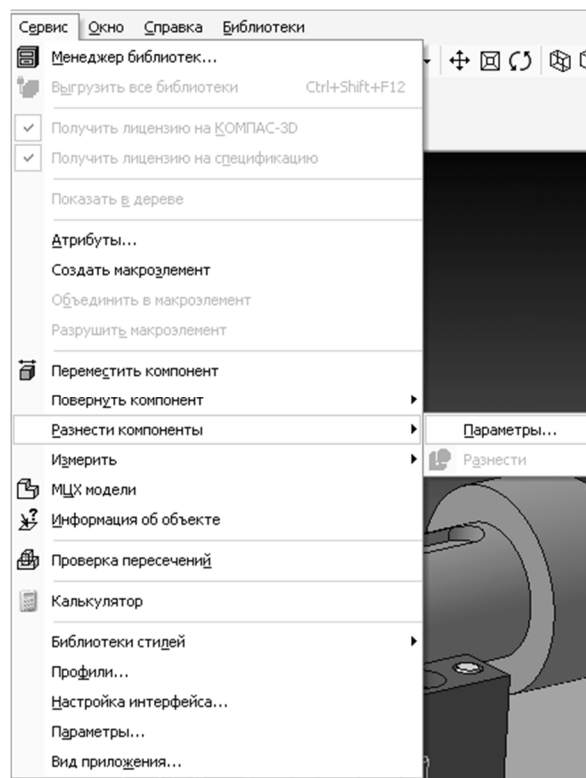


Рисунок 19.23 – Виклик команди **«Разнести компоненты»**

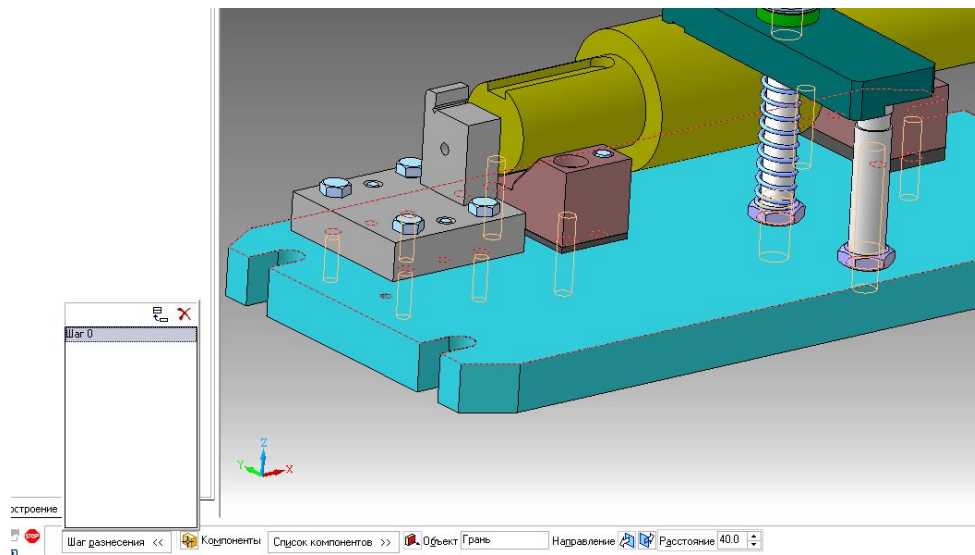


Рисунок 19.24 – Панель властивостей команди «*Разнести компоненты*»

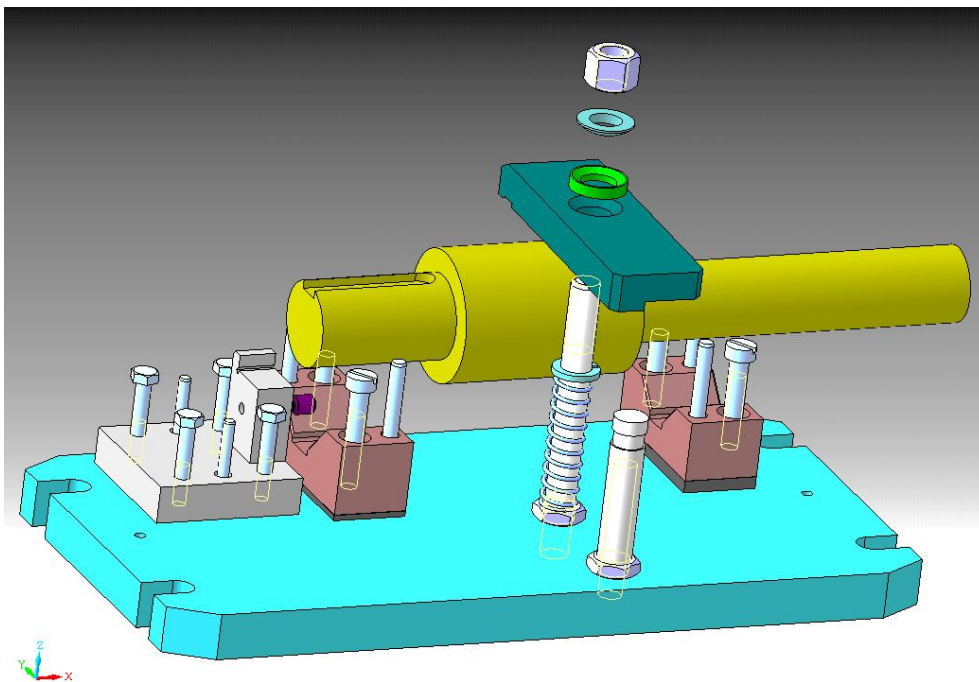


Рисунок 19.25 – Результати рознесення заданих компонентів

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Для чого необхідні команди інструментальної панелі «*Сопряжения*»?
2. У який спосіб редагують компоненти збірки?
3. За допомогою якої панелі і якої команди можна здійснити контроль зіткнень компонентів збірки?
4. Як перевірити перетин компонентів збірки?

### Частина III

## ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ.

### ПРОГРАМА SinSys



## **20 ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ І КОНСТРУЮВАННЯ В КОМПАС-3D**

Система КОМПАС-3D дає змогу реалізувати класичний процес тривимірного параметричного проектування – від ідеї до асоціативної об'ємної моделі, від моделі до конструкторської документації. Головні компоненти КОМПАС-3D – власне система тривимірного твердотільного моделювання, креслярсько-графічний редактор [8 – 9].

КОМПАС-ГРАФИК і модуль проектування специфікацій легкі в освоєнні, мають російськомовний інтерфейс і довідкову систему.

Останнім часом компанія АСКОН розширює набір пропонованих застосувань у сфері тривимірного моделювання, з'явилися додатки: Трубопроводи 3D, Кабелі та джгути 3D, Бібліотеки анімації та фотореалістики, Додаток для кінематичного і динамічного аналізу, Універсальний механізм Express; відбулася зміна поколінь і розширення номенклатури Бібліотек стандартних виробів.

Функціонуючи у складі корпоративних комплексів CAD/CAM/CAE/PDM, які вирішують завдання оптимізації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, КОМПАС-3D взаємодіє з системою ведення електронного архіву та керування даними ЛОЦМАН: PLM (або з іншими PDM-системами, уживаними замовником) і єдиними базами даних (корпоративними довідниками).

Одночасно КОМПАС-3D є оптимальним вибором для масової автоматизації робочих місць, оскільки має кращі показники «вартість – функціональність».

### **20.1 Програмні продукти для конструкторської підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці**

#### **20.1.1 Інтегрована система моделювання тіл обертання КОМПАС-Shaft 3D**

КОМПАС-Shaft 3D є розвитком бібліотеки КОМПАС-Shaft 2D і функціонує в середовищі пакету тривимірного твердотільного моделювання КОМПАС-3D. Система призначена для проектування та побудови тривимірних твердотільних моделей валів, втулок і циліндрових прямозубих шестерень внутрішнього і зовнішнього зачеплення. Вона забезпечує побудову циліндрового і конічного ступенів валу, а також ступенів типу «шестигранник» і «квадрат». Додатковими елементами ступенів можуть бути

канавки різної форми (їх формування забезпечує спеціальна **«Бібліотека канавок»** для КОМПАС-3D, що входить у комплект постачання КОМПАС-Shaft 3D). Система КОМПАС-Shaft 3D інтегрована з корпоративним довідником **«Материалы и сортаменты»** – з нього можна вибрати матеріал проектованої деталі [8].

Моделі, створені за допомогою бібліотеки КОМПАС-Shaft 3D, можна потім відредагувати засобами КОМПАС-3D. Система КОМПАС-Shaft 3D є корисною для конструювання тіл обертання та розрахунків елементів механічних передач, дає можливість наочно представити спроектовану деталь і в десятки разів збільшує швидкість проектування і випуску конструкторської документації.

### 20.1.2 Бібліотека анімації

**Бібліотека анімації** є стандартним застосуванням для КОМПАС-3D. Вона працює з версіями КОМПАС-3D і вище. Додаткових модулів (окрім самого КОМПАС-3D) для роботи додатку не потрібно [8].

**Бібліотека анімації** для імітації руху (анімації) виробів, розроблених у системі тривимірного твердотілого моделювання КОМПАС-3D.

**Бібліотека анімації** дозволяє:

- імітувати рухи складників частин виробу в процесі реальної роботи (можна використовувати сполучення деталей, що накладаються користувачем у процесі проектування 3D-збірки). Для цих цілей бібліотека дає змогу задавати як переміщення компонентів, так і їх обертальний рух;
- автоматично перевіряти можливі колізії (зіткнення деталей) у процесі руху для виявлення помилок у проектуванні;
- наочно імітувати процес «розбирання – складання» виробу для застосування в інтерактивному електронному технічному керівництві;
- створювати діаграму послідовних положень механізму – «кінограму» (набір послідовних кадрів у форматі *<\*.frw>* – фрагмент КОМПАС-ГРАФІК);
- записувати відеоролик руху у форматі *<\*.avi>*. Відтворення можливе як на поточному кроці анімації, так і загалом.

Анімація складається з послідовних кроків (рис. 20.1). На кожному кроці можна задавати різні види руху деталей і параметри руху (швидкість, частота обертання, час). Сценарій процесу анімації зберігається в текстовому файлі стандартного XML-формату.

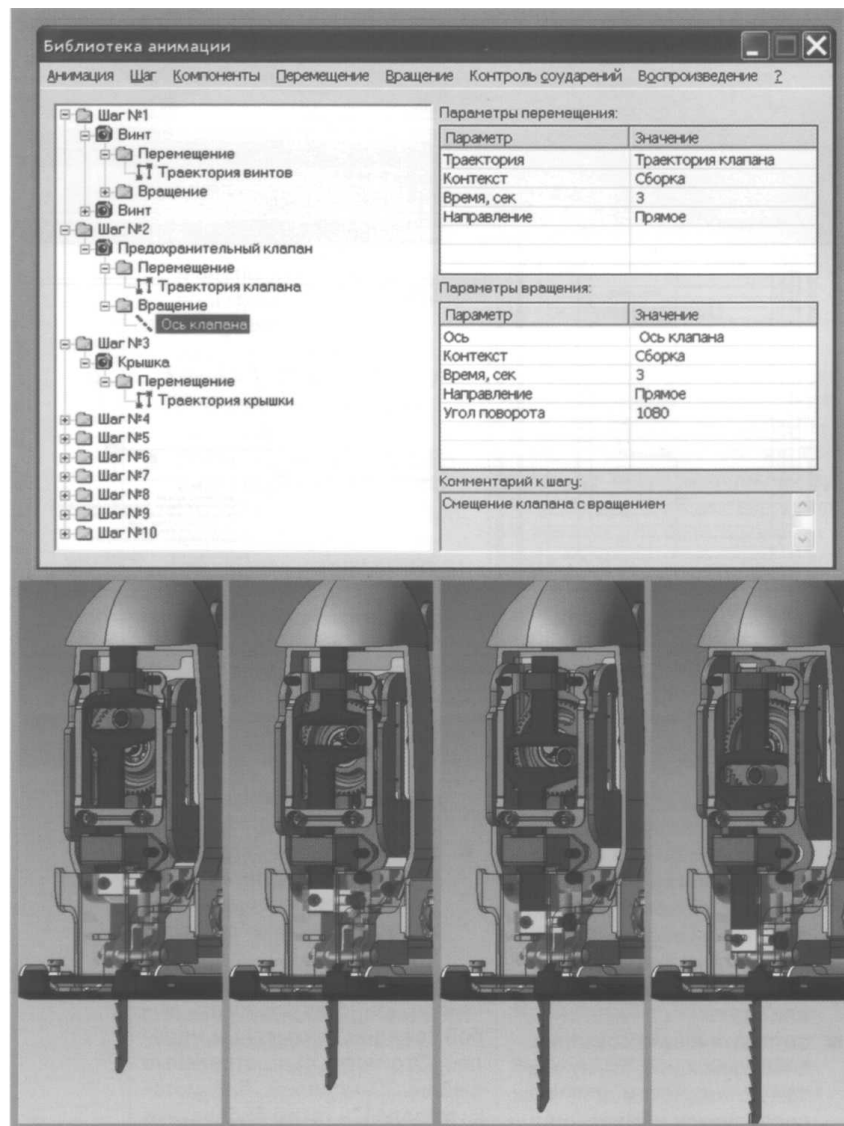


Рисунок 20.1 – Використання бібліотеки анімації

Бібліотека анімації не тільки значно підвищує якість проектування виробів загалом, його наочність і зручність, але також підсилює конкурентоспроможність підприємства на етапах виконання конкурсних проєктів.

### 20.1.3 Бібліотека фотореалістики

Бібліотека призначена для створення фотореалістичного зображення тривимірної моделі деталі або збірки, спроектованої в КОМПАС-3D (рис. 20.2). Бібліотека фотореалістики дає можливості для створення ефектних зображень виробу та використання їх у презентаціях і рекламній документації. Для зручності роботи в бібліотеці реалізований режим інтерактивного рендерінга, що дає змогу здійснювати попереднє відображення моделі з текстурами, призначеними в сцені [8].

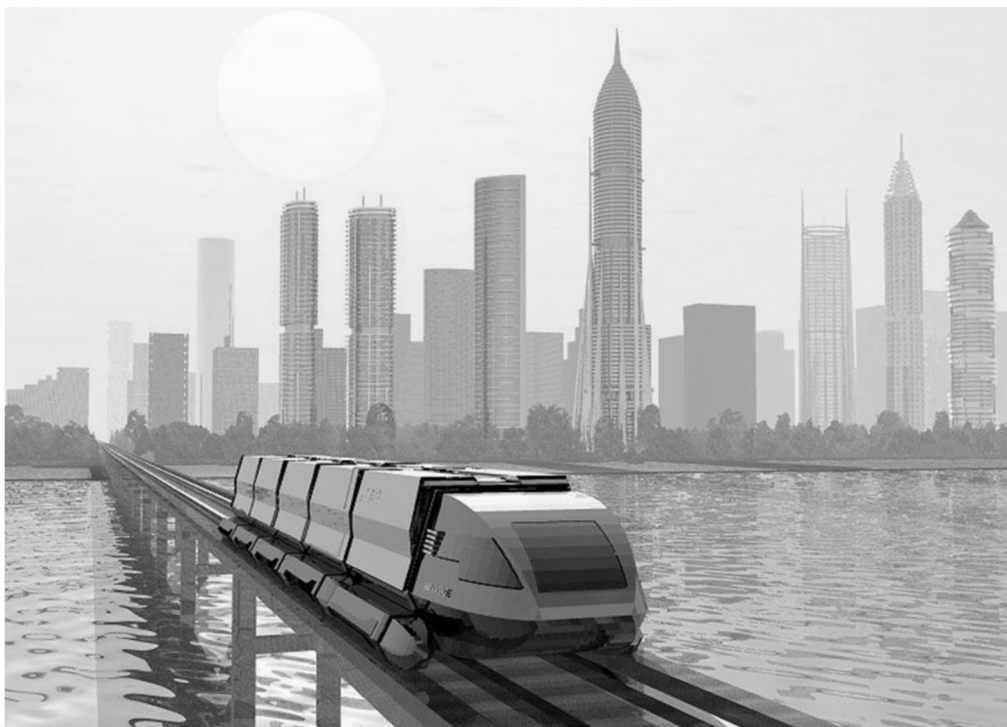


Рисунок 20.2 – Модель транспортного засобу у фотореалістичному зображенні

Матеріали:

- вибір матеріалів з широкого списку вбудованої бібліотеки (різні види металів, дерева, каменя, пластика та багато інших);
- налаштування властивостей матеріалу, таких як колір поверхні, що відображає здатність, дзеркальність, прозорість, шорсткість і текстура;
- можливе призначення матеріалів збіркам, деталям, операціям і поверхням;
- реалізований попередній перегляд матеріалів, сцени і джерел світла для зменшення часу отримання фотореалістичного зображення.

#### 20.1.4 Проектування електрообладнання

Для автоматизації розроблення та випуску конструкторської документації в електротехнічній і електронній промисловості компанія АСКОН пропонує системи автоматизованого проектування **КОМПАС-Електрик** і конвертери даних із систем ECAD у КОМПАС-3D [8].

Система **КОМПАС-Електрик** представлена трьома варіантами:

**КОМПАС-Електрик Std** містить необхідний функціонал для випуску повного комплексу документації на проєктоване електрообладнання, в якому електричні з'єднання виконуються шляхом проводового монтажу.



Розроблення документів проекту здійснюється в редакторі схем і звітів. Як графічна платформа для нього використовується КОМПАС-Графік. Частина документів проекту формується автоматично, за умови наявності в системі бази даних із докладним описом головних властивостей комплектувальних виробів, що застосовуються у проєктованих установках.

**КОМПАС-Електрик Express** призначений для користувачів, які займаються розробленням принципів електричних схем і переліків елементів до них. Цей варіант значно спрощений у функціональному плані.

**КОМПАС-Електрик Pro** є найпотужнішим варіантом системи. У ньому реалізована можливість проєктування експлуатаційної документації на програмовані логічні контролери, а також додана функція складання тактових циклограм.

#### 20.1.4.1 САПР КОМПАС-Електрик Express

**КОМПАС-Електрик Express** – САПР електричних принципів схем і переліків елементів до них (рис. 20.3).

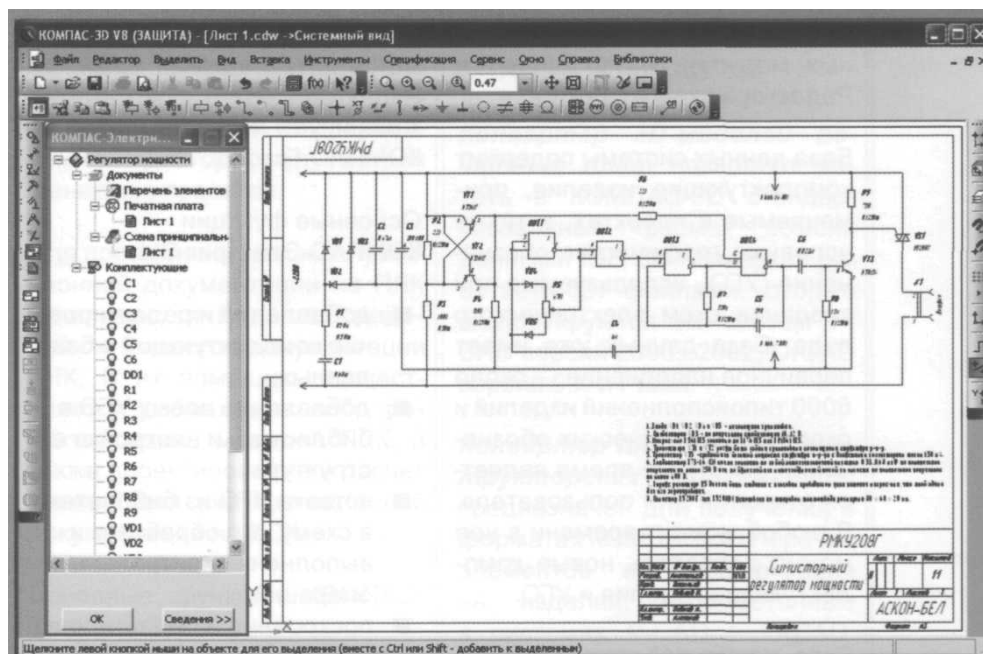


Рисунок 20.3 – Проєктування системи керування за допомогою КОМПАС-Електрик Express

До складу системи **КОМПАС-Електрик Express** належать:

- менеджер проєктів, за допомогою якого здійснюється навігація між документами проєкту;
- редактор схем і звітів, в якому розробляється і випускаються ці документи;

- база даних комплектувальних виробів і умовних графічних позначень;
- база даних продукції фірми Schneider-Electric, яка містить понад 1800 комплектувальних виробів і їх описів.

Що стосується функцій розроблення принципових схем і переліків елементів, **КОМПАС-Електрик Express** володіє тими самими можливостями, що і **КОМПАС-Електрик Std**. Серед них виокремлюють такі:

- вставлення умовних графічних позначень (далі – УГП) із **Бібліотеки** в схему;
- вставлення додаткових символів на лінії зв'язку;
- можливість розширення номенклатури **Бібліотеки** користувачем;
- побудова ліній електричного зв'язку, групової лінії зв'язку, електричної шини;
- автоматичне розставлення маркірування проводів;
- автоматичне формування переліку елементів;
- об'єднання графічно непов'язаних ліній електричного зв'язку в один потенційний вузол (як у межах листа, так і між листами);
- зображення одного елемента на схемі рознесеним способом (наприклад змінний резистор із вимикачем);
- внесення до бази даних елементів безпосередньо у процесі роботи над схемою та їх подальше використання в інших проектах;
- додавання в проект 3D-моделей і текстових документів;
- експорт документів у КОМПАС-ГРАФІК.

#### *20.1.4.2 САПР КОМПАС-Електрик Std*

САПР **КОМПАС-Електрик Std** призначена для автоматизації проектування та випуску комплекту документів (схем і звітів до них) на електрообладнання об'єктів виробництва (рис. 20.4). Як об'єкти виробництва можна використовувати будь-які об'єкти, в яких для виконання електричних зв'язків використовується дротяний монтаж (низьковольтні комплектні пристрої (далі – НКП), системи релейного захисту й автоматики (далі – РЗА), АСКТП технологічних процесів тощо).

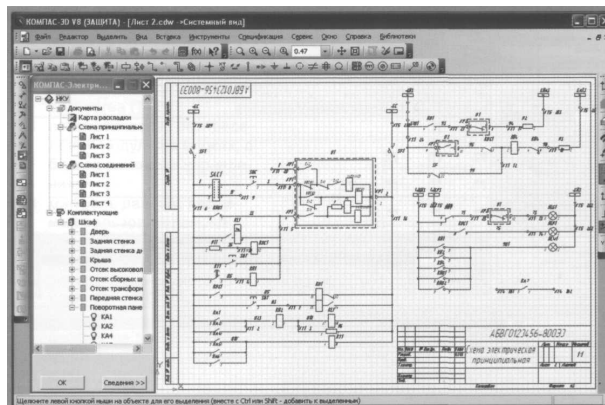


Рисунок 20.4 – Електрична принципова схема автоматизації мийно-прибирального корпусу депо

Систему можна застосовувати в інститутах, конструкторських бюро та відділах, які проектують електроприводи, нестандартне обладнання, розробляють проекти електропостачання у промисловому і цивільному будівництві.

Система складається з двох модулів: **Бази даних** і **Редактора схем і звітів**.

**База даних** системи містить комплектувальні вироби, вживані в проектах, а також УГП, використовувані для створення схем електричного вигляду. База даних вже має первинне наповнення – близько 6000 типовиконань виробів і близько 300 графічних позначень, але водночас є відкритою для користувача. У будь-який момент у неї можна додавати нові комплектувальні вироби і УГП. База може працювати на платформі СКБД Microsoft © SQL Server 2000; Microsoft © Access 2002; Borland © InterBase V6; Oracle Corporation © Oracle V9. Також до складу системи входить база даних продукції фірми Schneider-Electric, яка містить більше 1800 комплектувальних виробів і їх описів.

У **Редакторі схем і звітів** створюються, редагуються, оформляються і виводяться на друк документи проекту. Для керування проектами та їхніми документами в **Редакторі** передбачений **Менеджер проектів**. Редактор схем і звітів функціонує у середовищі системи КОМПАС-ГРАФІК.

Головні функції системи КОМПАС-Електрик Std:

- додавання та редагування комплектувальних в базі даних;
- додавання нових УГП у бібліотеку та налаштування її структури;
- вставлення УГП із бібліотеки в схему, його обробка та виконання контрольних операцій;
- побудова і редагування ліній електричного зв'язку, електричних шин, групових ліній зв'язку;

- ручне й автоматичне розставлення маркування проводів;
- автоматичне розставлення УГП на електричній схемі з'єднань, схемі підключень і схемі загальній;
- напівавтоматичне формування технологічної карти розкладки проводів;
- відображення типу проводів на монтажно-комутаційній схемі;
- експорт документів проекту в КОМПАС-ГРАФІК;
- додавання у проект 3D-моделей і текстових документів системи КОМПАС;
- вставлення спецсимволів ліній зв'язку (екран, кабель, коаксіальний провідник, скручування тощо);
- оптимізація трас прокладання проводів;
- функція централізованого коректування електричних зв'язків у виробі (**Зведена таблиця, Діалог зміни зовнішніх трас**);
- автоматичне формування клемників у процесі роботи над проектом;
- вставлення головного і допоміжних різновидів клемника на схему розташування;
- додавання до апарату більш одного однотипного супутнього апарату;
- створення клеми за наявності шини;
- створення клеми з перемичкою у разі перевищення кількості підключень на затиски апаратів.

#### 20.1.4.3 САПР КОМПАС-Електрик Pro

САПР **КОМПАС-Електрик Pro** призначена для автоматизації проектування комплекту документів на електрообладнання об'єктів виробництва із застосуванням *програмованих логічних контролерів* (далі – ПЛК). Як об'єкти виробництва можна використовувати будь-які об'єкти, в яких для виконання електричних зв'язків використовується дротяний монтаж (рис. 20.5).

Систему можна застосовувати у всіх підрозділах, які розробляють документацію для такого:

- систем керування верстатами й автоматичними лініями;
- АСКТП у харчовій і сільськогосподарській галузях;
- нестандартного технологічного обладнання;
- систем контролю за транспортом нафти і газу тощо.

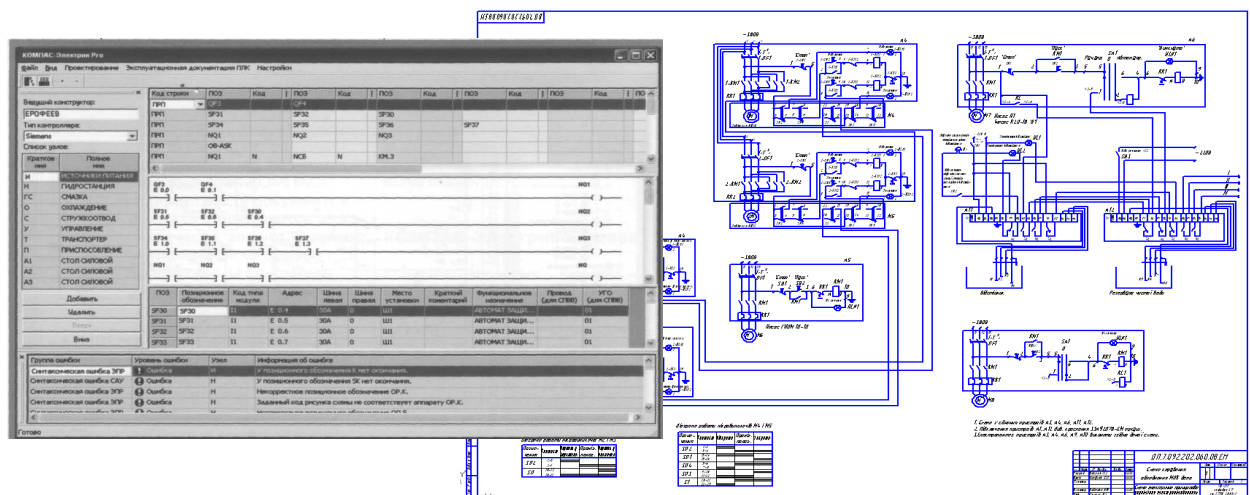


Рисунок 20.5 – Інтерфейс програми КОМПАС-Електрик Pro і схема автоматичного керування електрообладнанням мийно-прибирального корпусу депо

Система **КОМПАС-Електрик Pro** складається з трьох модулів: **Бази даних, Редактора схем і звітів і Модуля ПЛК.**

**База даних** системи може працювати на платформі СКБД Microsoft © SQL Server 2000; Microsoft © Access 2002; Borland © InterBase V6; Oracle Corporation © Oracle V9. У базі даних містяться описи комплектувальних виробів, вживаних у проектах, УГП, використовуваних у процесі створення схем електричного вигляду і тактових циклограм, дані про моделі ПЛК. База даних відкрита для користувача. У будь-який момент часу в неї можна додавати нові комплектувальні вироби, УГП, нові моделі ПЛК.

**Редактор схем і звітів** функціонує в середовищі системи КОМПАС-ГРАФІК. У ньому створюються, редагуються, оформляються і виводяться на друк документи проекту. Для керування проектами та їх документами в **Редакторі** передбачений **Менеджер проектів.**

Для проектування експлуатаційної документації на ПЛК використовуються **Редактор моделей** і **Редактор документації ПЛК.** За їхньою допомогою здійснюється додавання або редагування моделей ПЛК, а також проектування та розрахунок даних для експлуатаційної документації на ПЛК.

Головні функції системи **КОМПАС-Електрик Pro:**

- розроблення електричних схем різного типу;
- генерація текстових звітів (переліків, відомостей, специфікацій);
- розроблення експлуатаційної документації на ПЛК;
- проектування тактових циклограм;
- вибір і вставлення в схему УГП апаратів і пристроїв;

- побудова електричних з'єднувачів (ліній зв'язку і груп, електричних шин);
- призначення типів виробів апаратам, пристроям і з'єднувачам;
- автоматичний розрахунок і оптимізація з'єднань між апаратами і пристроями;
- автоматичний розподіл адресного простору ПЛК;
- автоматичний розподіл модулів у блоках, а блоків у шафах керування;
- контроль даних, що вводяться користувачем, на всіх етапах проектування;
- сервісні функції з ведення проектів електрообладнання;
- сервісні функції з ведення бази даних системи.

#### 20.1.5 Спільна робота КОМПАС-3D з іншими системами

КОМПАС-3D містить різні конвертери для обміну даними з іншими системами проектування, інженерних розрахунків, підготовки керувальних програм тощо. Функції імпорту та експорту даних більшості форматів надаються користувачам КОМПАС-3D безкоштовно. До них відносяться такі:

- читання і запис графічних файлів форматів DXF, DWG і IGES;
- читання файлів тривимірних моделей форматів IGES, SAT, XT, STEP;
- запис файлів тривимірних моделей форматів IGES, SAT, XT, STEP, VRML і STL;
- запис даних специфікації у формати DBF і Microsoft Excel;
- запис документів КОМПАС у різні растрові формати (TIFF, GIF, JPEG, BMP, PNG, TGA);
- читання і запис текстових файлів форматів ASCII (DOS), ANSI (Windows); читання текстових файлів формату RTF;
- запис 3D-моделей, креслень і специфікацій у формат e-Drawings.

Інтеграція з САПР SolidWorks, Unigraphics, SolidEdge забезпечується шляхом підтримки в КОМПАС-3D читання і запису даних Parasolid.

## 20.2 Програмні продукти для технологічної підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці

Автоматизація процесів підготовки виробництва призводить до підвищення продуктивності праці, оптимізації роботи різноманітних служб підприємства, дає змогу значно підвищити швидкість і якість ухвалюваних рішень, виробити ефективну стратегію розвитку виробництва та підприємства загалом [9, 10].

Комплексна автоматизація технологічної підготовки виробництва (далі – ТПВ) на базі інформаційних технологій забезпечує:

- скорочення термінів підготовки виробництва за допомогою автоматизації етапів ТПВ, паралельного виконання конструкторського і технологічного проектування;
- оптимізацію витрат праці й засобів на виготовлення виробів.

Для автоматизації процесів ТПВ компанія АСКОН запропонувала широкий спектр програмних продуктів, орієнтованих на їх використання фахівцями машинобудівних підприємств: технологами, конструкторами технологічного оснащення, розробниками керувальних програм, для верстатів із ЧПК, інженерами з нормування праці й матеріальних витрат, фахівцями з реконструкції цехів підприємства.

У технологічній підготовці виробництва залучені практично всі служби підприємства. Рух даних в *єдиному інформаційному просторі* (далі – ЄІП) здійснюється між системами всіх класів: PDM (керування інженерними даними), ERP (керування підприємством), CAPP (технологічна підготовка виробництва), CAD (конструкторська підготовка виробництва) тощо.

На базі програмного забезпечення компанії АСКОН можна організувати *три схеми взаємодії компонентів Комплексу ЄІП*.

**I. Комплекс ЄІП на базі систем ЛОЦМАН-PLM, КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ** для автоматизації процесів ТПВ наведений на рисунку 20.6.

1. САПР технологічних процесів (далі – ТП) **ВЕРТИКАЛЬ** виконує різні завдання автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва, завдання розроблення техпроцесів і випуску документації, дає змогу підвищити ефективність роботи технологічних підрозділів загалом. Як компонент єдиного інформаційного простору підприємства САПР ТП **ВЕРТИКАЛЬ** успішно інтегрується із програмним забезпеченням, що поставляється компанією АСКОН, і з програмними продуктами інших розробників ІТ-рішень.

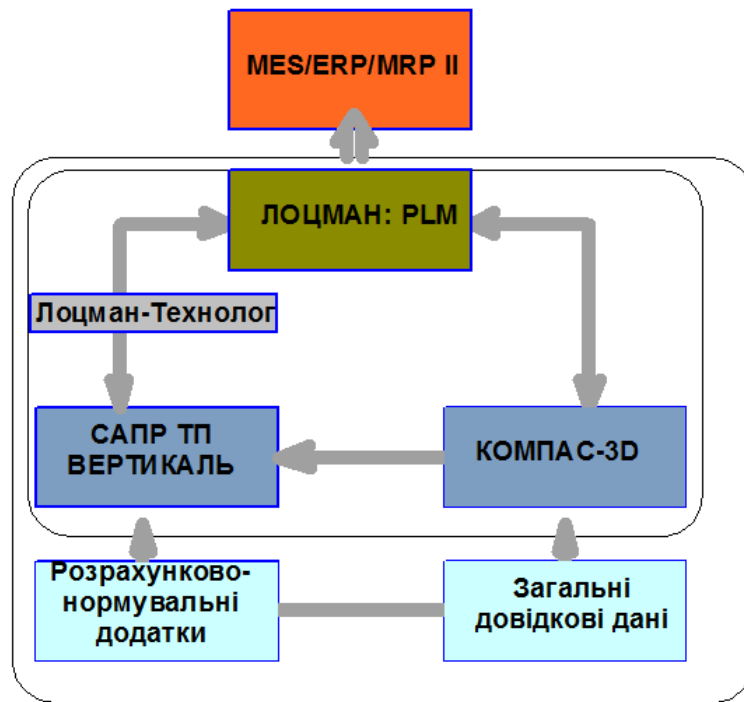


Рисунок 20.6 – Взаємодія компонентів комплексу систем ЛОЦМАН, КОМПАС, ВЕРТИКАЛЬ

Інтеграція САПР ТП **ВЕРТИКАЛЬ** з системою тривимірного моделювання КОМПАС-3D забезпечує наскрізне вирішення завдань *конструкторсько-технологічної підготовки виробництва* (далі – КТПВ). Використовуючи різноманітні прикладні бібліотеки сімейства КОМПАС, будь-яке підприємство може організувати за модульним принципом програмний комплекс, орієнтований на вирішення типових завдань у різних наочних сферах (наприклад проектування приводів, механічних передач, технологічного оснащення, обладнання та інструменту). Система КОМПАС-3D дає змогу організувати класичний процес тривимірного параметричного проектування – від ідеї до асоціативної об’ємної моделі, від моделі до конструкторської документації. У технологічній системі **ВЕРТИКАЛЬ** реалізована можливість роботи з усіма видами графічних документів: 3D-моделями, кресленнями та ескізами виробів, розроблених у КОМПАС-3D. У техпроцес автоматично передаються всі необхідні дані з конструкторської документації.

2. Система керування інженерними даними **ЛОЦМАН:PLM** дає змогу упорядкувати (структурувати) технологічну документацію, полегшити і прискорити запозичення типових вирішень, організувати роботу технолога зі складом виробу, а також колективну роботу над всім проектом. Убудовані в систему **ЛОЦМАН:PLM** *«Модуль управління робочим процесом»* і *«Модуль просмотра и аннотирования документов»* забезпечують



паралельне виконання робіт. Взаємодія фахівців підприємства у процесі розроблення документації на виріб і організації виробництва дає змогу узгодити вибране вирішення з іншими службами в найкоротші терміни.

3. Додаток **ЛОЦМАН-Технолог** забезпечує зв'язок САПР ТП **ВЕРТИКАЛЬ** із **ЛОЦМАН-PLM**. Отже, технолог отримує можливість працювати зі складом виробу всередині технологічної системи. Модуль формування звітів, що входить до складу системи **ЛОЦМАН-PLM**, дає змогу сформувати відомості та зведені звіти в різних розрізах КТПВ.

У процесі розроблення техпроцесу технологу постійно потрібна різна довідкова інформація – дані про матеріали, обладнання, інструмент тощо. Її надають «*Универсальный технологический справочник*» і **Корпоративний довідник «Материалы и Сортаменты»**. Їх можна використовувати у всіх системах, що входять у **Комплекс**, вони є постачальниками єдиної технологічної довідкової інформації для всіх служб підприємства. Різноманітні розрахункові модулі виконують завдання нормування трудових і матеріальних витрат. Усі програмні додатки отримують технологічні дані з системи **ВЕРТИКАЛЬ**, а довідкові дані – з **Універсального технологічного довідника** і **Корпоративних довідників** АСКОН. Унаслідок цього **Комплекс ЄІП** дає змогу отримати всю інформацію про виріб у реальному масштабі часу, що є найважливішою умовою для прискорення процедур узгоджень із замовником і постачальниками, швидкого розроблення модифікацій виробу, оптимізації взаємодії всіх служб підприємства, тобто для виконання завдань, що дають змогу підвищити конкурентоздатність підприємства загалом.

**II.** Якщо як САПР ТП вибрана система **КОМПАС-Автопроект**, то комплекс за автоматизацією КТПВ можна побудувати інакше. Можливі два варіанти.

Система **КОМПАС-Автопроект** складається з двох підсистем – **КОМПАС-Автопроект-Технология** та **КОМПАС-Автопроект-Спецификации**. Остання дає змогу вести бази даних конструкторсько-технологічних специфікацій, архівувати розроблені технологічні процеси, формувати зведені звіти, тобто є спрощеним варіантом PDM-системи.

Тому залежно від визначених завдань на підприємстві можна використовувати **Комплекс ЄІП** на базі **КОМПАС-Автопроект**, **КОМПАС-3D** (рис. 20.7). Довідкова інформація в цьому разі використовуватиметься з баз даних САПР ТП як під час проектування техпроцесів, так і у разі нормування матеріальних і трудових витрат.

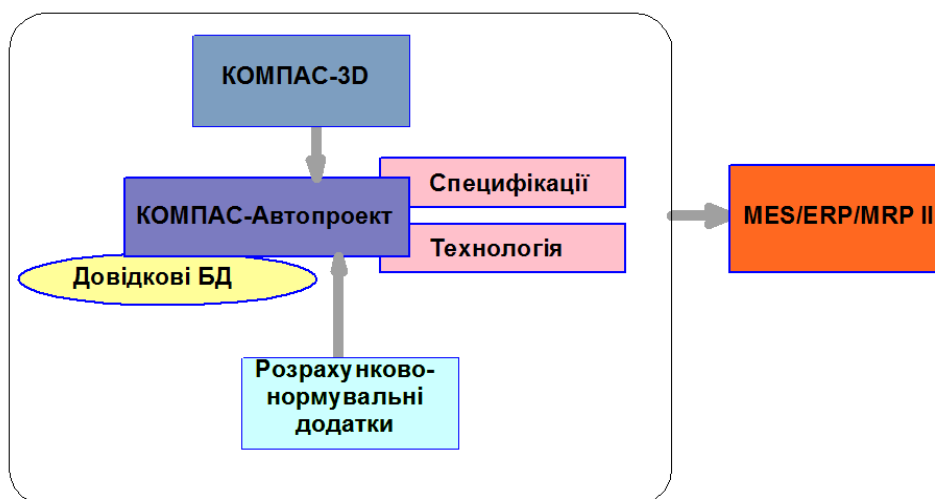


Рисунок 20.7 – Взаємодія компонентів комплексу систем КОМПАС-Автопроект, КОМПАС-3D

**КОМПАС-Автопроект** комплектується за модульним принципом. Побудова комплексу з різних модулів дає змогу організувати робочі місця технологів, фахівців із розцехування, нормувальників матеріальних і трудових витрат.

Інтеграція системи САПР ТП **КОМПАС-Автопроект** із **ЛОЦМАН-PLM** дає змогу побудувати ще один варіант **Комплексу** (рис. 20.8). Додаток **ЛОЦМАН-Технолог** забезпечує зв'язок САПР ТП **КОМПАС-Автопроект** із системою керування інженерними даними **ЛОЦМАН:PLM**, і технолог отримує можливість працювати зі складом виробу.

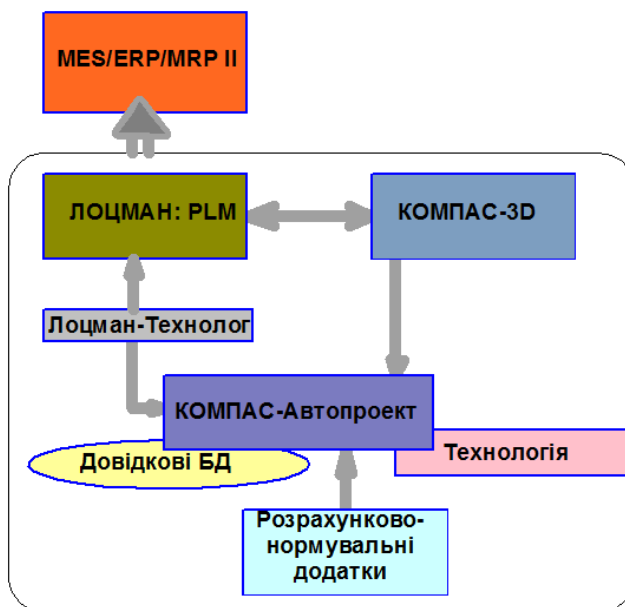


Рисунок 20.8 – Взаємодія компонентів комплексу систем ЛОЦМАН, КОМПАС-Автопроект, КОМПАС-3D

Формування відомостей і зведених звітів у такому варіанті відбувається в **ЛОЦМАН:PLM** за допомогою спеціального модуля, а розроблення технологічних процесів ведеться в **КОМПАС-Автопроект-Технология**. Уся необхідна довідкова інформація та отримані результати розрахунків передаються в **ЛОЦМАН-PLM** для аналізу й обробки.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Перелічіть програмні продукти для конструкторської підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці.
2. Перелічіть програмні продукти для технологічної підготовки виробництва в машинобудуванні й металообробці.
3. Для чого необхідний програмний продукт ЛОЦМАН?
4. Які функції виконує КОМПАС-Автопроект?
5. За допомогою яких програм відбувається проектування електрообладнання в системі КОМПАС?

## 21 ПРОГРАМА SinSys

### 21.1 Особливості спеціальних програмних продуктів

Під час проектування електромеханічного та іншого обладнання моделювання компонентів технічних рішень їх розрахунків і віртуальні дослідження окремих блоків, вузлів і механізмів становлять невіддільну частину проектних робіт. Для виконання багатьох технічних завдань постійно створюються прикладні програмні засоби, якими їхні автори пропонують скористатися у процесі виконання досліджень або розрахунків. Ці своєрідні електронні лабораторії широко застосовуються у сучасних конструкторів.

До найпопулярніших помічників конструкторів належать програмні продукти MatLAB, OrCAD, Micro-Cap та інші пакети програм. **Пакет програм** – сукупність програмних засобів, що виконуються в пакетному режимі. Усі ці Windows-додатки виконані на високому професійному рівні, але відрізняються специфічною формою зображення досліджуваного технологічного об'єкта й отриманням кінцевих результатів обчислень [11–15].

У програмних засобах нерідко використовують відомі підходи для подання компонентів технічних рішень **віртуальними моделями** – абстрактним уявленням технологічних об'єктів (далі – ТО), що складаються з резисторів, ємкостей, індуктивностей тощо. **Компоненти моделі** – елементи технологічних схем, що реалізуються у такий спосіб, що потребують від користувача хороших навичок абстрактного представлення будь-якого ТО за допомогою радіоелементів й аналогічних виробів. Очевидно, що і результати розрахунків елементів для застосування їх у реальних технічних описах до проектів потребують додаткової обробки, а це, зі свого боку, становить додаткові незручності та знижує оперативність застосування отриманих даних.

Для засвоєння спеціальних програмних продуктів потрібно досить багато часу, а практичне застосування їх завжди примушує користувача вивчати тонкощі процесів, властивості матеріалів, характеристики компонентів, володіти багатьма іншими знаннями та якостями, які відрізняють сучасного проектувальника від колишніх розробників, які практикували з паперовими варіантами проектів.

Найбільший інтерес під час проектування електромеханічного обладнання викликають програмні продукти, в яких їхні розробники самостійно вирішили всі питання, обумовлені вивченням певного

технологічного об'єкта, а користувачеві пропонують тільки ввести початкові дані й отримати результати розрахунку, придатні для практичного застосування. Такі програми реалізують відомі **алгоритми** – точні розпорядження процесів обчислення, що проводять від варійованих початкових даних до шуканих величин, на підставі яких створюються практичні електромеханічні пристрої. До таких Windows-додатків належить пакет програм SinSys, розроблений на кафедрі електричного транспорту ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.

Пакет програм SinSys – це сукупність електронних лабораторій, за допомогою яких реалізуються віртуальні моделі електронних компонентів, електротехнічних пристроїв, реальних технологічних об'єктів тощо. У пакеті представлені класичні принципові схеми відомих технічних рішень з алгоритмами розрахунку їхніх компонентів. Сукупність усіх програмних засобів ілюструє можливості комп'ютерного моделювання та може слугувати хорошим помічником проектувальникам, які використовують аналогічні типові електротехнічні пристрої у своїх розробках. Прикладами таких рішень є відома вимірювальна мостова схема (рис. 21.1) на резисторах і масштабний підсилювач (рис. 21.2) на аналогових мікросхемах.



Рисунок 21.1 – Інтерфейс програми розрахунку компонентів резистивного вимірювального моста

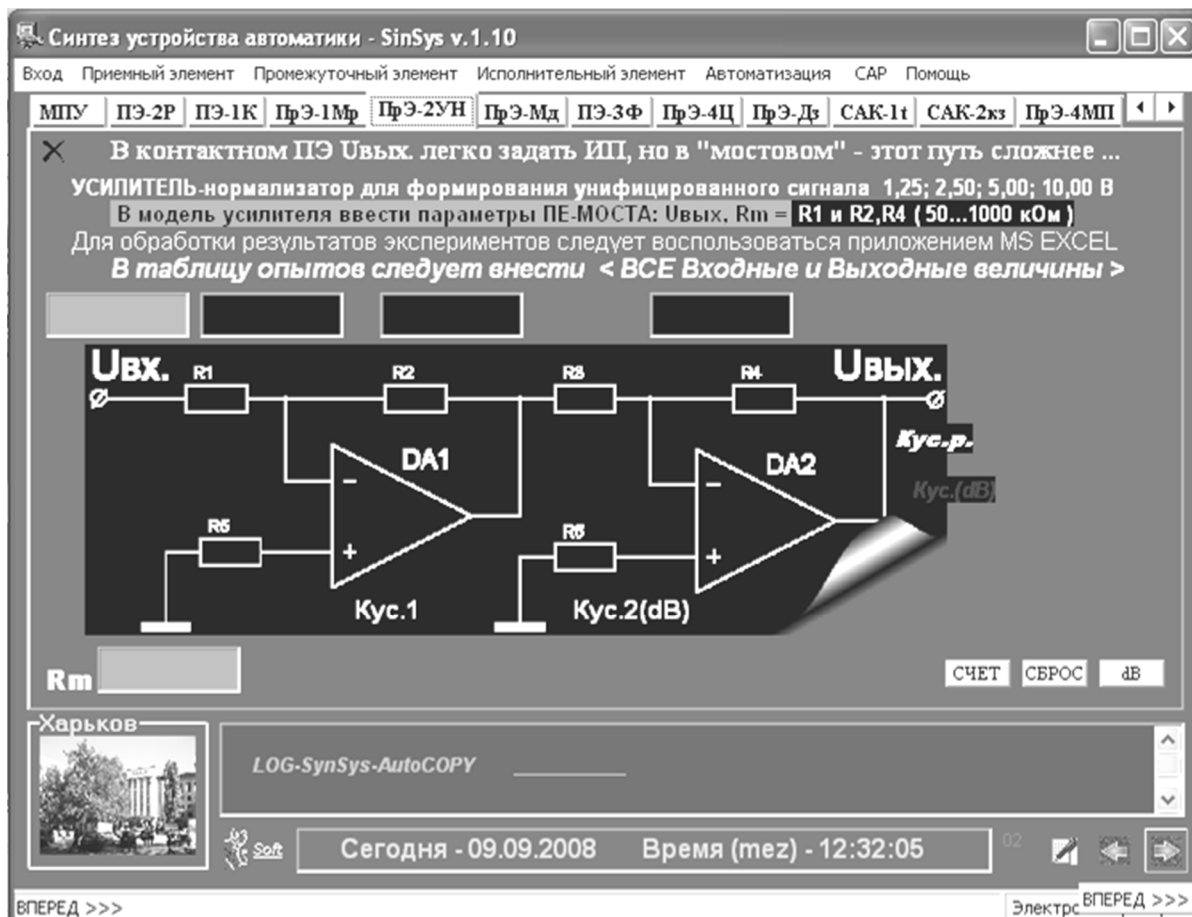


Рисунок 21.2 – Интерфейс програми розрахунку компонентів масштабного підсилювача

Для автоматизації розрахунку резисторів зазначених вище електротехнічних пристроїв запропоновані програмні продукти, які дають змогу проектувальникові швидко розраховувати величини елементів схем без вивчення самого алгоритму розрахунку.

Ці й аналогічні програми не потребують від розробника глибоких знань властивостей компонентів і взаємозв'язку всіх елементів схем, але забезпечують отримання корисних для проектування електротехнічного обладнання результатів розрахунку за певним набором початкових даних.

У програмному пакеті SinSys містяться різний довідковий матеріал, корисні ілюстрації, Windows-додатки, в числі яких є нескладна програма для підготовки електричних принципових, функціональних, оперативних та інших схем. Програма має накопичувальну бібліотеку компонентів, яку користувач сам може створювати, змінювати й поповнювати з урахуванням специфіки власних розробок, а результати переносити у проекти, що виконуються, наприклад, за допомогою програми КОМПАС.

## 21.2 Застосування програми SinSys

Пакет програм SinSys створювався у *навчальних цілях* відповідно до програм дисциплін, що вивчаються студентами на різних курсах. Усі компоненти лабораторій пакету містять спливаючі й фіксувальні **підказки** (автоматизовані функції допомоги користувачеві, що виводяться на екран дисплея у вигляді словесної інформації), які дають змогу користувачеві швидко розуміти й освоювати всі електронні продукти пакету. Результати розрахунків формуються у вигляді окремого файлу та можуть зберігатися для подальшої обробки або виводити на друк для уявлення в паперовому варіанті.

Якщо в розробленні застосовується компонент, наявний у пакеті SinSys, то для роботи з ним його можна «викликати» на головну сторінку, натискаючи за допомогою покажчика мишки одну зі стрілок «уперед» (рис. 21.1, 21.2), «назад», розміщеними внизу інтерфейсу програми, або кнопки вгорі, з відповідними умовними позначеннями електронних лабораторій.

**Наприклад**, щоб скористатися програмою розрахунку трансформатора імпульсного блоку живлення (далі – БЖ), які розробляються для більшості сучасних пристроїв автоматики та іншої електронної апаратури, виклинемо програму «БП-ИТ» однойменною кнопкою. Після натиснення кнопки «БП-ИТ» на головному інтерфейсі програми SinSys буде розміщена електронна модель джерела живлення (далі – ДЖ) із схемою, що включає *імпульсний трансформатор* (далі – ІТ) (рис. 21.3).

Для активації програми «БП-ИТ» потрібно натиснути кнопку <CLEAN> .

Після активації «БП-ИТ» з'явиться можливість вводити в інформаційні вікна початкових даних для проєктованого джерела електричного живлення.

**Приклад технічного завдання:** необхідно розробити автономний БЖ мобільного приладу діагностування автомобілів, який повинен забезпечити електричне живлення компонентів приладу з такими початковими даними: напруга живлення дорівнює 9,5; 24,0; 450 В зі струмами навантаження 500 mA; 150 mA і 50 mA відповідно. Ці величини необхідно відразу ввести у вікна відповідних вторинних обмоток ІТ –  $U_{H1}$ ,  $U_{H2}$ ,  $U_{H3}$  (рис. 21.3).

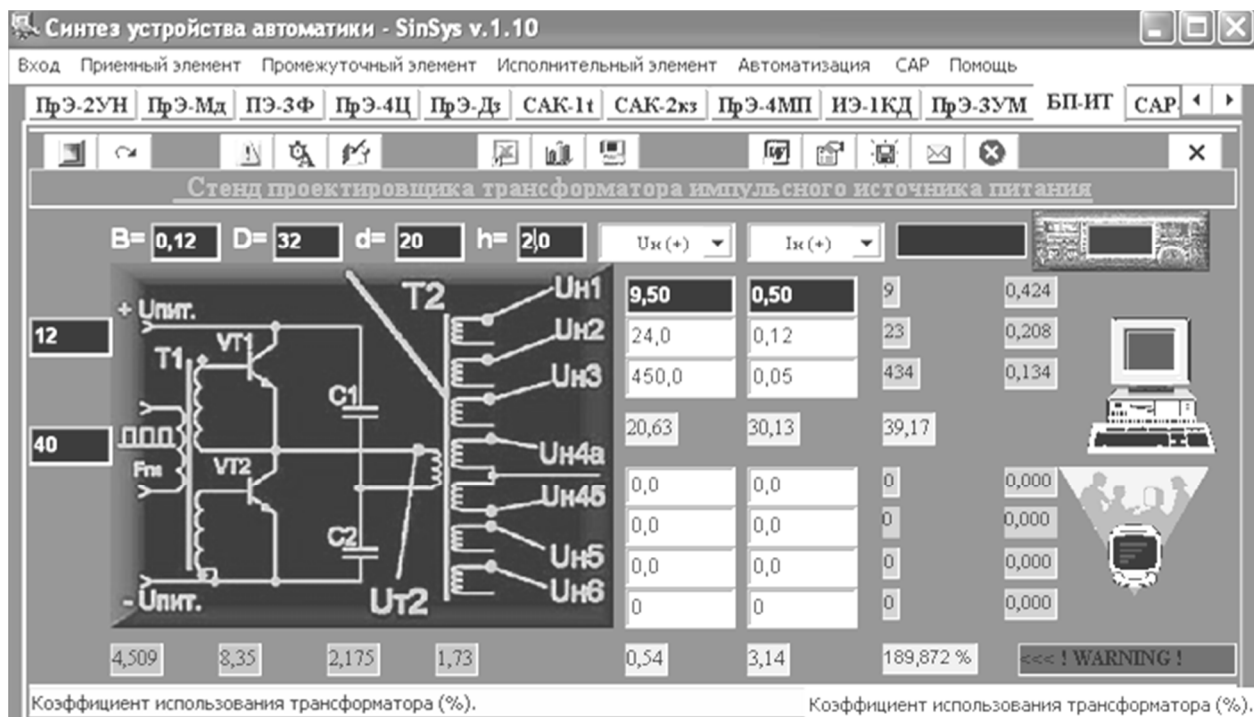


Рисунок 21.3 – Интерфейс програми розрахунку імпульсного джерела живлення

Для вибору параметрів осердя ІТ потрібно скористатися довідковими даними їхніх наявних типорозмірів і властивостей використовуваних магнітних матеріалів («Вход», «Help-2 SinSys», «Прикладные решения», «Справочник» чи <F2>). Фрагменти таких довідкових даних ілюструють рисунки 21.4, 21.5 і таблиці 21.1 і 21.2.

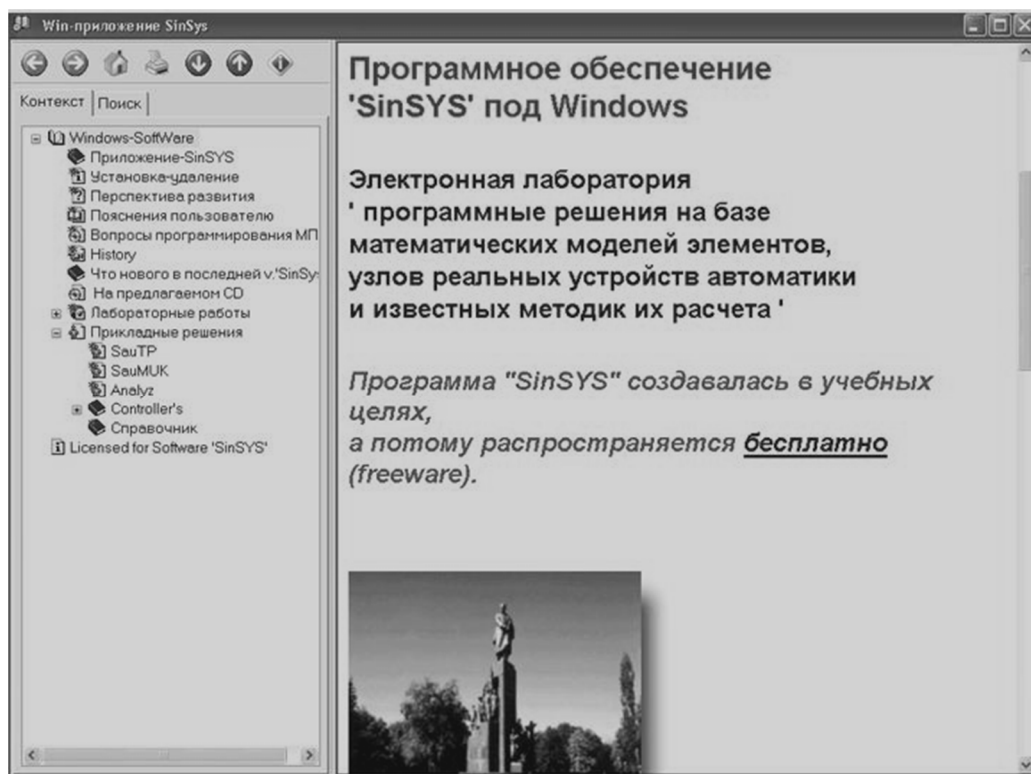


Рисунок 21.4 – Головна сторінка довідника «Help-2 SinSys»



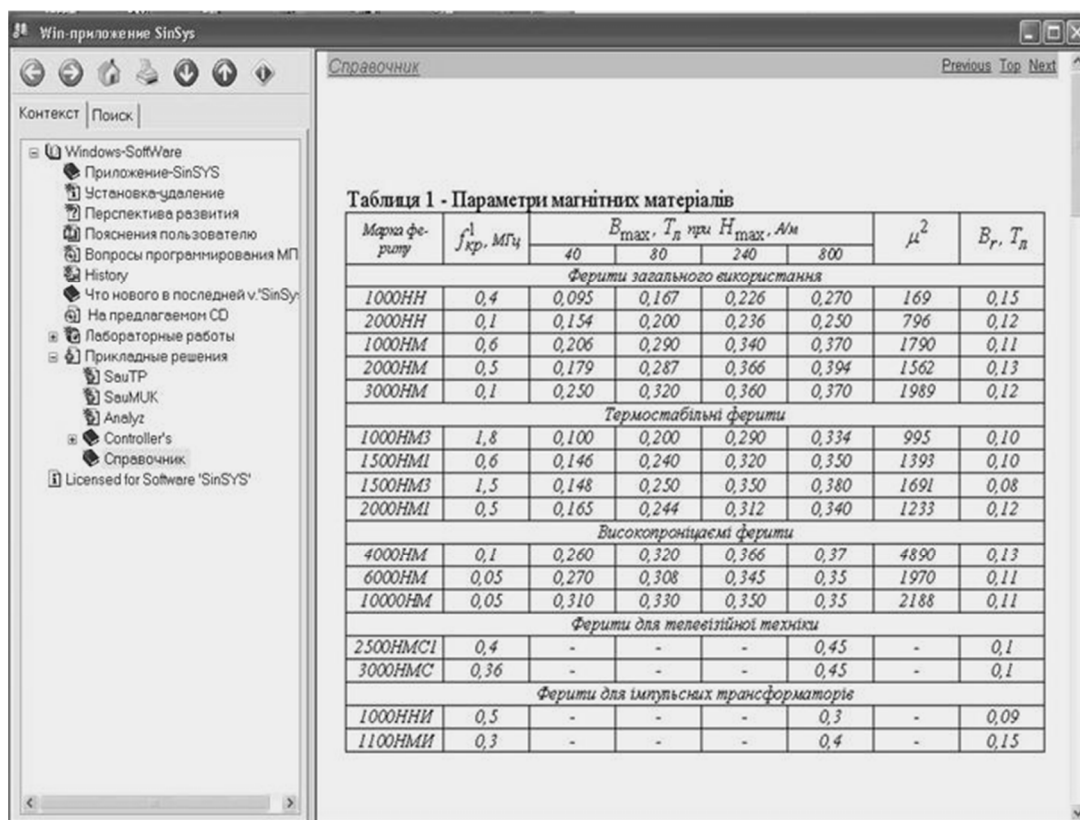



Рисунок 21.5 – Сторінка розділу довідника «*Help-2 SinSys*»

Таблиця 21.1 – Деякі типорозміри осердь

Типорозмір	$D, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	$m, r$
K7 × 4 × 2	7 ± 0,3	4 ± 0,2	2 ± 0,15	0,32
K10 × 6 × 3	10 ± 0,3	6 ± 0,2	3 ± 0,15	0,86
K10 × 6 × 4,5	10 ± 0,3	6 ± 0,2	4,5 ± 0,15	1,27
K12 × 5 × 5,5	12 ± 0,4	5 ± 0,2	5,5 ± 0,15	2,83
K12 × 8 × 3	12 ± 0,4	8 ± 0,3	3 ± 0,15	1,12
K16 × 8 × 6	16 ± 0,4	8 ± 0,3	6 ± 0,25	4,9
K16 × 10 × 4,5	16 ± 0,4	10 ± 0,3	4,5 ± 0,25	3,1
K20 × 10 × 5	20 ± 0,5	10 ± 0,3	5 ± 0,25	6,3
K20 × 12 × 6	20 ± 0,5	12 ± 0,4	6 ± 0,25	6,7
K28 × 16 × 9	28 ± 0,6	16 ± 0,4	9 ± 0,4	20,4
K32 × 16 × 8	32 ± 0,8	16 ± 0,4	8 ± 0,4	26,4
K32 × 20 × 6	32 ± 0,8	20 ± 0,5	6 ± 0,25	16,4
K32 × 20 × 9	32 ± 0,8	20 ± 0,5	9 ± 0,4	24,6
K38 × 24 × 7	38 ± 0,8	24 ± 0,5	7 ± 0,4	26,6
K40 × 25 × 7,5	40 ± 0,8	25 ± 0,6	7,5 ± 0,4	31,8
K40 × 25 × 11	40 ± 0,8	25 ± 0,6	11 ± 0,5	46,3
K45 × 28 × 8	45 ± 0,9	28 ± 0,6	8 ± 0,4	42,9
K45 × 28 × 12	45 ± 0,9	28 ± 0,6	12 ± 0,5	63,9
K65 × 40 × 9	65 ± 1,5	40 ± 0,8	9 ± 0,4	110

Таблиця 21.2 – Головні параметри магнітних матеріалів

Марка фериту	$f_{кр}^1$ , МГц	$B_{\max}, T_{л}$ при $H_{\max}, A/m$				$\mu^2$	$B_r, T_{л}$
		40	80	240	800		
Ферити загального використання							
1000НН	0,4	0,095	0,167	0,226	0,270	169	0,15
2000НН	0,1	0,154	0,200	0,236	0,250	796	0,12
1000НМ	0,6	0,206	0,290	0,340	0,370	1790	0,11
2000НМ	0,5	0,179	0,287	0,366	0,394	1562	0,13
3000НМ	0,1	0,250	0,320	0,360	0,370	1989	0,12
Термостабільні ферити							
1000НМЗ	1,8	0,100	0,200	0,290	0,334	995	0,10
1500НМ1	0,6	0,146	0,240	0,320	0,350	1393	0,10
1500НМЗ	1,5	0,148	0,250	0,350	0,380	1691	0,08
2000НМ1	0,5	0,165	0,244	0,312	0,340	1233	0,12
Високопроникні ферити							
4000НМ	0,1	0,260	0,320	0,366	0,37	4890	0,13
6000НМ	0,05	0,270	0,308	0,345	0,35	1970	0,11
10000НМ	0,05	0,310	0,330	0,350	0,35	2188	0,11
Ферити для телевізійної техніки							
2500НМС1	0,4	—	—	—	0,45	—	0,1
3000НМС	0,36	—	—	—	0,45	—	0,1
Ферити для імпульсних трансформаторів							
1000ННН	0,5	—	—	—	0,3	—	0,09
1100НМН	0,3	—	—	—	0,4	—	0,15

Беручі до уваги, наприклад, параметри осердя 2000НН типу К32 × 20 × 9, напруга бортової мережі діагностованих автомобілів дорівнює 12 В і частота задавального генератора ДЖ – 40 кГц (рис. 21.6), уведемо всі початкові дані у відповідні вікна інтерфейсу програми «БП-ИТ». Для виконання розрахунку слід натиснути кнопку <COUNT>  («СЧИТАТЬ»). Інтерфейс програми на рисунку 21.3 демонструє шукані результати для проектованого джерела електричного живлення.

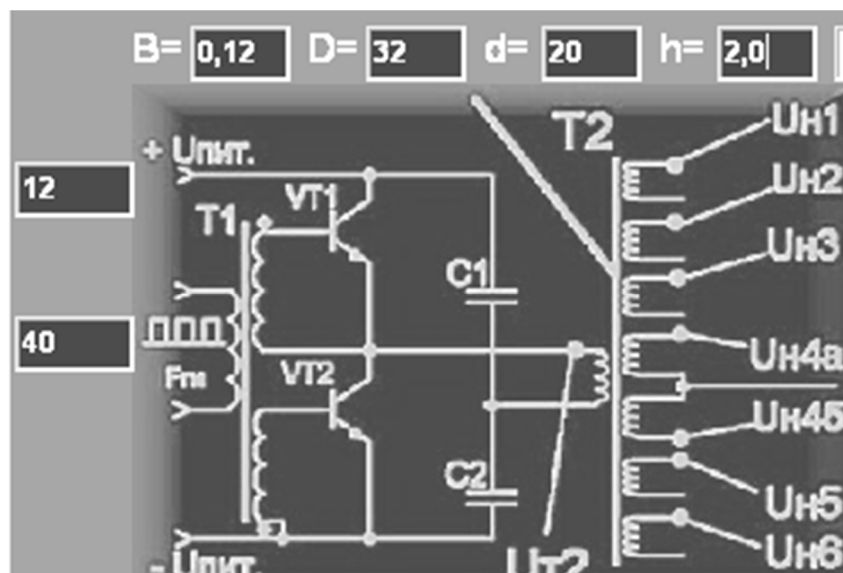



Рисунок 21.6 – Приклад вводу початкових даних у відповідні вікна інтерфейсу програми «БП-ИТ»

Оскільки в програму «БП-ИТ» входить «електронний експерт» результатів обчислень, то при неприпустимих розрахункових величинах на інтерфейсі включаються світлові індикатори. Для наших даних на рисунку 21.3 відображає сигнал тривоги «*!WARNING!*», який обумовлений неприпустимим значенням коефіцієнта використання трансформатора (189,872 %). Сигналізація «експерта» спричинена невідповідністю розрахованого трансформатора вимогам, запропонованим у початкових даних до БЖ.

Очевидно, що такий ІТ застосовувати не можна і потрібний вибір інші параметричні характеристики пристрою. Для вирішення визначеного завдання існує низка різних підходів, з яких скористаємося, наприклад, зміною габаритів осердя ІТ, тобто застосовний для імпульсного трансформатора проєктованого джерела живлення два ідентичних раніше вибраних осердя ( $K32 \times 20 \times 9$ ), що еквівалентно застосуванню осердя типу  $K32 \times 20 \times 18$ . У зв'язку з цим у початкових даних змінимо величину  $h = 18$  мм і знову натиснемо кнопку «**СЧИТАТЬ**» . Знов отримані результати не спричиняють у електронного експерта тривогу і, очевидно, ними можна скористатися при проєктуванні блоку живлення.

Усі величини, що розраховуються за допомогою програми «БП-ИТ» автоматично записуються в електронний журнал LOG-SinSys, який можна відомим способом скопіювати, наприклад, у «*Блокнот*» для подальшого зберігання, аналізу або надання у відповідній документації.

Зразки копій журналів (1LOG-SynSys, 2LOG-SynSys) реєстрації експериментів наведені в таблиці 21.3.

**«БП-ИТ»**

<b>1LOG-SynSys-AutoCOPY</b>	<b>2LOG-SynSys-AutoCOPY</b>
<<<<<<<<<ВНИМАНИЕ>>>>>>>>>	
<<<<<РАСЧЕТ НЕ ПРИМЕНИМ>>>>>	
10.09.2018 9:12:06	10.09.2018 9:12:25
===== Расчет ИИП =====	===== Расчет ИИП =====
—— Трансформатор Т1 ——	—— Трансформатор Т1 ——
-Напряжение питания Упит, В = 12,0	-Напряжение питания Упит, В = 12,0
-Задающий генератор Fгн, kHz = 40,0	-Задающий генератор Fгн, kHz = 40,0
—— Трансформатор Т2 ——	—— Трансформатор Т2 ——
-Индукция B, T = 0,12	-Индукция B, T = 0,12
-Диаметр наружный D, мм = 32,0	-Диаметр наружный D, мм = 32,0
-Диаметр внутренний d, мм = 20,0	-Диаметр внутренний d, мм = 20,0
-Высота h, мм = 9,0	-Высота h, мм = 18,0
-Площ. магнитопровода Sm, см кв. = 0,54	-Площ. магнитопровода Sm, см кв. = 1,08
-Площ. окна So, см кв. = 3,14	-Площ. окна So, см кв. = 3,14
-Коэф. использования Ки = 198,182 %	-Коэф. использования Ки = 99,104 %
-Мощность габаритная Pг, Вт = 20,24	-Мощность габаритная Pг, Вт = 40,47
-Мощность нагрузки Рп, Вт = 30,85	-Мощность нагрузки Рп, Вт = 30,85
-Мощность используемая Ри, Вт = 40,10	-Мощность используемая Ри, Вт = 40,10
—— Параметры обмоток Т2 ——	—— Параметры обмоток Т2 ——
—— Обмотка Wт2 ——	—— Обмотка Wт2 ——
-Обмотка Wт2, вит = Wт2 =	-Обмотка Wт2, вит = 2,175
-Диаметр провода dt2, мм = 1,75	-Диаметр провода dt2, мм = 1,75
-Напряжение Ut2, В = 4,509	-Напряжение Ut2, В = 4,509
-Ток It2, А = 8,55	-Ток It2, А = 8,55
—— Обмотка Un1 ——	—— Обмотка Un1 ——
-Обмотка W1, вит = 9	-Обмотка W1, вит = 5
-Диаметр провода d1, мм = 0,424	-Диаметр провода d1, мм = 0,424
-Напряжение Un1, В = 9,50	-Напряжение Un1, В = 9,50
-Ток In1, А = 0,50	-Ток In1, А = 0,50
—— Обмотка Un2 ——	—— Обмотка Un2 ——
-Обмотка W2, вит = 23	-Обмотка W2, вит = 12
-Диаметр провода d2, мм = 0,232	-Диаметр провода d2, мм = 0,232
-Напряжение Un2, В = 24,0	-Напряжение Un2, В = 24,0
-Ток In2, А = 0,15	-Ток In2, А = 0,15
—— Обмотка Un3 ——	—— Обмотка Un3 ——
-Обмотка W3, вит = 434	-Обмотка W3, вит = 217
-Диаметр провода d3, мм = 0,134	-Диаметр провода d3, мм = 0,134
-Напряжение Un3, В = 450,0	-Напряжение Un3, В = 450,0
-Ток In3, А = 0,05	-Ток In3, А = 0,05
—— Обмотки Un4а=Un4б ——	—— Обмотки Un4а=Un4б ——
-Обмотка W4, вит = 0	-Обмотка W4, вит = 0
-Диаметр провода d4, мм = 0,000	-Диаметр провода d4, мм = 0,000
-Напряжение Un4, В = 0,0	-Напряжение Un4, В = 0,0
-Ток In4, А = 0,0	-Ток In4, А = 0,0
—— Обмотка Un5 ——	—— Обмотка Un5 ——
-Обмотка W5, вит = 0	-Обмотка W5, вит = 0
-Диаметр провода d5, мм = 0,000	-Диаметр провода d5, мм = 0,000
-Напряжение Un5, В = 0,0	-Напряжение Un5, В = 0,0
-Ток In5, А = 0,0	-Ток In5, А = 0,0
—— Обмотка Un6 ——	—— Обмотка Un6 ——
-Обмотка W6, вит = 0	-Обмотка W6, вит = 0
-Диаметр провода d6, мм = 0,000	-Диаметр провода d6, мм = 0,000
-Напряжение Un6, В = 0	-Напряжение Un6, В = 0
-Ток In6, А = 0	-Ток In6, А = 0


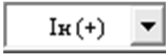
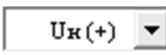
Дані з журналу 2LOG-SynSys, що відображають головні конструктивні параметри трансформатора, приймаються розробником під час проектування джерела живлення.

У тих випадках, коли необхідно отримати повну картину про властивості джерела живлення, наприклад, при змінних навантаженнях у ланцюгах вторинних обмоток у програмі «БП-ІТ» передбачений автоматичний режим завдання таких умов.

**Дослідження властивостей БЖ.** Наприклад, відомо, що у разі практичного застосування приладу діагностування навантаження на джерело з напругою живлення 24 В може зростати до 120 %. Очевидно, що цей чинник негативно впливатиме на роботу приладу, оскільки до БЖ підключаються та інші компоненти пристрою діагностування. Для обліку розглянутого збурювального чинника потрібно визначити ступінь впливу його на роботу БЖ.

Оскільки властивості трансформатора в програмі відображають не тільки коефіцієнт використання трансформатора, але і його габаритну, споживану і використовувану потужності, які розраховуються автоматично, то на підставі їх аналізу можна виконувати необхідні експерименти та відкоригувати розрахункові величини.

Одним зі шляхів дослідження поведінки трансформатора у разі змінних навантажень є визначення максимального струму навантаження ланцюга живлення на обмотці  $U_{n2}$ , коли коефіцієнт використання ІТ не перевищить 100 %. Для проведення таких віртуальних досліджень у програмі «БП-ІТ» передбачений автоматичний режим.

Для реалізації експерименту в автоматичному режимі параметри досліджуваної обмотки ( $U_{n2}$ ) необхідно перенести у вікна обмотки  $U_{n6}$ . Далі натиснути кнопки «**AUTO**» , «**In+**»  і вибрати фіксований крок варіювання величини струму навантаження (0,00005 ... 0,03 А). Процес дослідження почнеться автоматично, а «електронний експерт» виконає сигналізацію при підході до критичних параметрів ІТ. Аналогічно досліджуються інтервали варіювання по напрузі (... , «**Un(+)**» ).

Зупинка автоматичного режиму виконується шляхом натиснення кнопки «**STOP-RESET**» .

Результат дослідження обмотки з напругою живлення 24 В ( $U_{n6}$ ) ілюструє рисунок 21.7.

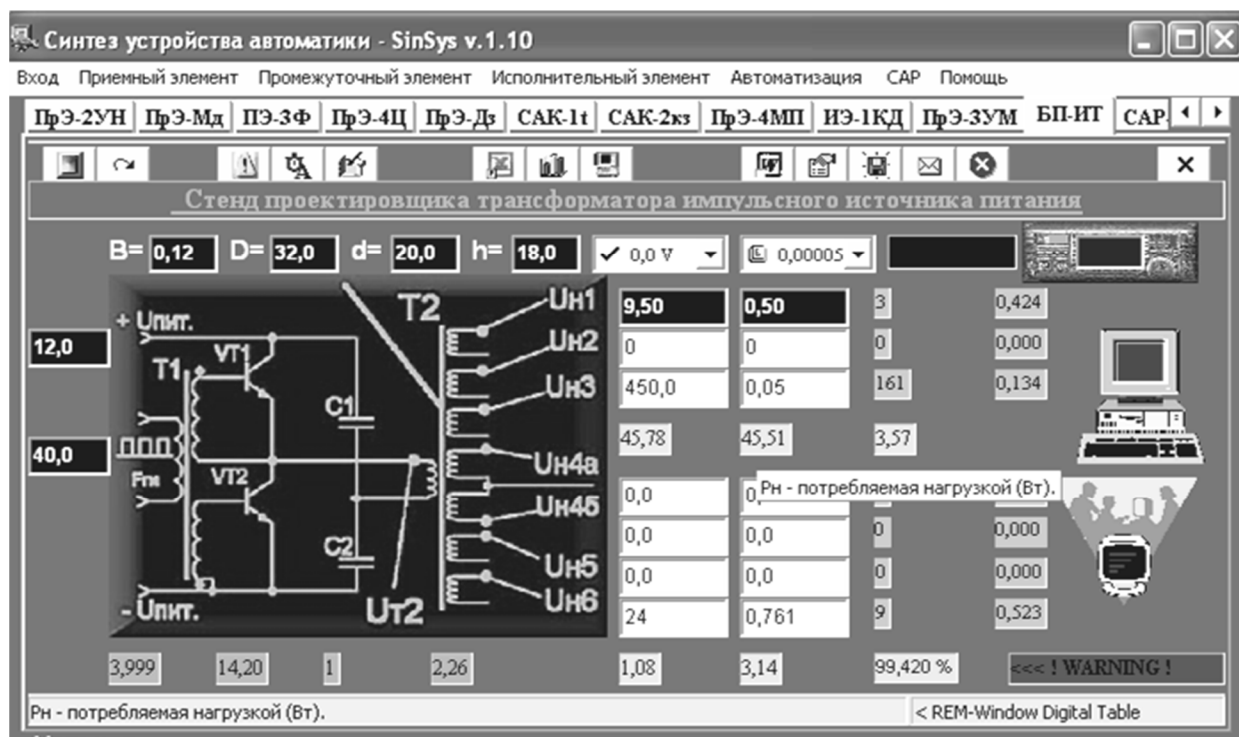


Рисунок 21.7 – Результат автоматичного дослідження ДЖ

Розрахункові величини показали, що джерело живлення з трансформатором на осерді  $K32 \times 20 \times 18$  може досить стійко функціонувати в нормованому режимі при вказаному вище зростанні струму навантаження в обмотці з напругою 24 В, але для досягнення цієї умови потрібно збільшити перетин дроту цієї обмотки.

**Вибір транзисторів** для реалізації схеми БЖ заслуговує особливої уваги у процесі конструювання цього невід'ємного компоненту будь-якого електротехнічного обладнання. Напівпровідникові елементи повинні бути розраховані для роботи при великих струмах і порівняно невисокій напрузі. Для вирішення цього завдання в додатку SinSys на сторінці «ПрЭ-ЗУМ» **ПрЭ-ЗУМ** є програма «Параметрический расчет УМ» інтерфейс якої зображений на (рис. 21.8). У вікнах введення даних цієї програми використані початкові величини розраховані для проєктованого джерела живлення.

Ця програма дає змогу розраховувати параметри, за якими з довідників вибираються необхідні активні напівпровідникові елементи (транзистори, тиристори) для реалізації підсилювачів потужності (далі – ПП), перетворювачів напруги, безконтактних елементів комутації тощо.

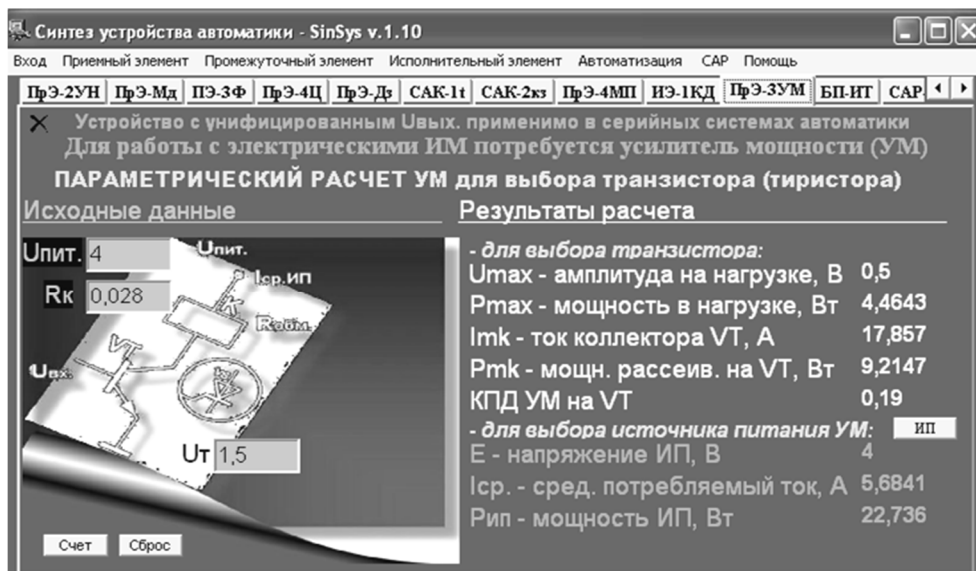


Рисунок 21.8 – Интерфейс програми розрахунку параметрів для вибору транзистора *ПП*

Оскільки якість роботи будь-якого джерела живлення дуже залежить від вживаного на його виході згладжувального фільтру, то це питання також не може бути залишене без уваги проектувальником цих пристроїв.

Транзисторний фільтр належить до найпоширеніших елементів більшості джерел живлення. Для швидкого його розрахунку в пакеті SinSys є програма з однойменною назвою (рис. 21.9) («*Помощь*», «*Нпр-05 Фільтр БП*» або <Ctrl> + <B>). Інтерфейс програми ілюструє рисунок 21.10. На рисунку 21.11 зображений інтерфейс із результатами обчислень. Це Windows-застосування забезпечує швидкий розрахунок транзисторних фільтрів за умови використання відомих початкових величин або у разі їх експериментального вибору, що не виключено з цим корисним електронним інструментом.

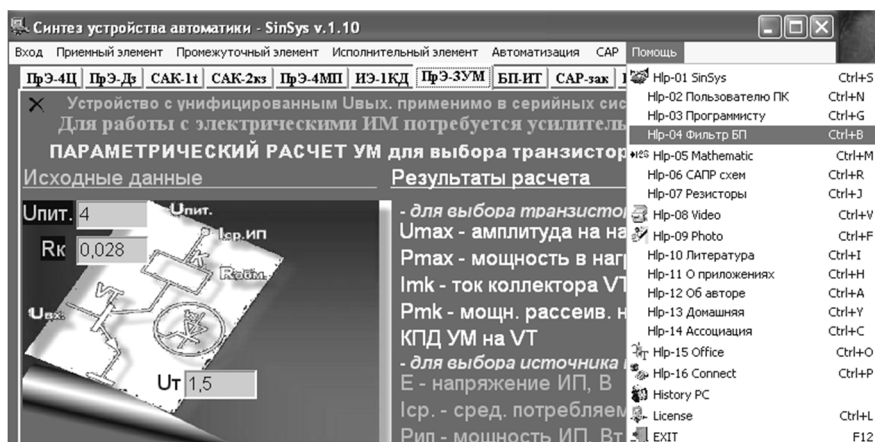


Рисунок 21.9 – Приклад виклику швидкого розрахунку «*Фільтра БП*» у пакеті SinSys

Калькулятор разработчика источника питания

## Транзисторный фильтр источника питания

Амплитуда пульсации первой гармоники на входе фильтра, $U_{o1max}$ , В	0
Амплитуда пульсации первой гармоники на выходе фильтра, $U_{o1mвых}$ , В	0
Минимальное напряжение коллектор-эмиттер VT, $U_{кз}$ , В	0
Максимальная окружающая температура, $t_{окр.max}$ , °C	0
Напряжение на выходе фильтра, $U_o$ , В	0
Ток нагрузки, $I_o$ , А	0
Частота пульсации, $f_p$ , Гц	0
$h_{21э}$ транзистора VT, раз	0
$h_{11б}$ транзистора VT, Ом	0
Максимальная рабочая температура транзистора VT, $t_{пер.max}$ , °C	0
$R_{т.переход-среда}$ , °C/Вт	0
$h_{22э}$ транзистора VT, См	0

Заданный коэффициент сглаживания, $q_z$ , ед.
Напряжение на входе фильтра, $U_{в}$ , В
Допустимое напряжение коллектор-эмиттер транзистора VT, $U_{кз}$ , В
Допустимый ток коллектора транзистора VT1, $I_k$ , А
$R_{кmax}$ на коллекторе транзистора VT1, Вт
Мощность, рассеиваемая коллектором транзистора VT1, $P_k$ , Вт
Ток базы транзистора VT1, $I_b$ , мА
Сопротивление резистора $R_b$ , кОм
Емкость конденсатора $C_b$ , мкФ
$h_{11э}$ транзистора VT1, Ом
Рассчитанный коэффициент сглаживания, $q$ , ед.
Выходное сопротивление фильтра, $R_{вых}$ , Ом
КПД фильтра, %

Кнопка <ПУСКА> счела, если все исходные данные введены.

**K**

**END**

Рисунок 21.10 – Интерфейс програми для розрахунку транзисторного фільтру БЖ

Калькулятор разработчика источника питания

## Транзисторный фильтр источника питания

Амплитуда пульсации первой гармоники на входе фильтра, $U_{o1max}$ , В	0,01
Амплитуда пульсации первой гармоники на выходе фильтра, $U_{o1mвых}$ , В	0,0001
Минимальное напряжение коллектор-эмиттер VT, $U_{кз}$ , В	2
Максимальная окружающая температура, $t_{окр.max}$ , °C	28
Напряжение на выходе фильтра, $U_o$ , В	22
Ток нагрузки, $I_o$ , А	0,7
Частота пульсации, $f_p$ , Гц	40000,0
$h_{21э}$ транзистора VT, раз	40
$h_{11б}$ транзистора VT, Ом	60
Максимальная рабочая температура транзистора VT, $t_{пер.max}$ , °C	85
$R_{т.переход-среда}$ , °C/Вт	0,8
$h_{22э}$ транзистора VT, См	1,7

Заданный коэффициент сглаживания, $q_z$ , ед.	100,0
Напряжение на входе фильтра, $U_{в}$ , В	24,0
Допустимое напряжение коллектор-эмиттер транзистора VT, $U_{кз}$ , В	31
Допустимый ток коллектора транзистора VT1, $I_k$ , А	1,40
$R_{кmax}$ на коллекторе транзистора VT1, Вт	71,25
Мощность, рассеиваемая коллектором транзистора VT1, $P_k$ , Вт	1,41
Ток базы транзистора VT1, $I_b$ , мА	17,50
Сопротивление резистора $R_b$ , кОм	0,12
Емкость конденсатора $C_b$ , мкФ	7
$h_{11э}$ транзистора VT1, Ом	2460,00
Рассчитанный коэффициент сглаживания, $q$ , ед.	0,0
Выходное сопротивление фильтра, $R_{вых}$ , Ом	60,00
КПД фильтра, %	91,6

**РАСЧЕТ  
ВЫПОЛНЕН**

**K**

**END**

Рисунок 21.11 – Приклад результату обчислень транзисторного фільтру БЖ



### 21.3 Підготовка фрагментів ілюстрацій для технічної документації

Для виконання фрагментів електричних принципових схем та інших ілюстрацій у пакеті програми SinSys зручно скористатися Windows-додатком Sinpro (рис. 21.12) («Помощь», «Hlp-08 САПР схем» або натиснути <Ctrl> + <S>). На рисунку 21.13 наведений інтерфейс програми з ілюстрацією підготовки фрагмента електричної принципової схеми БЖ.

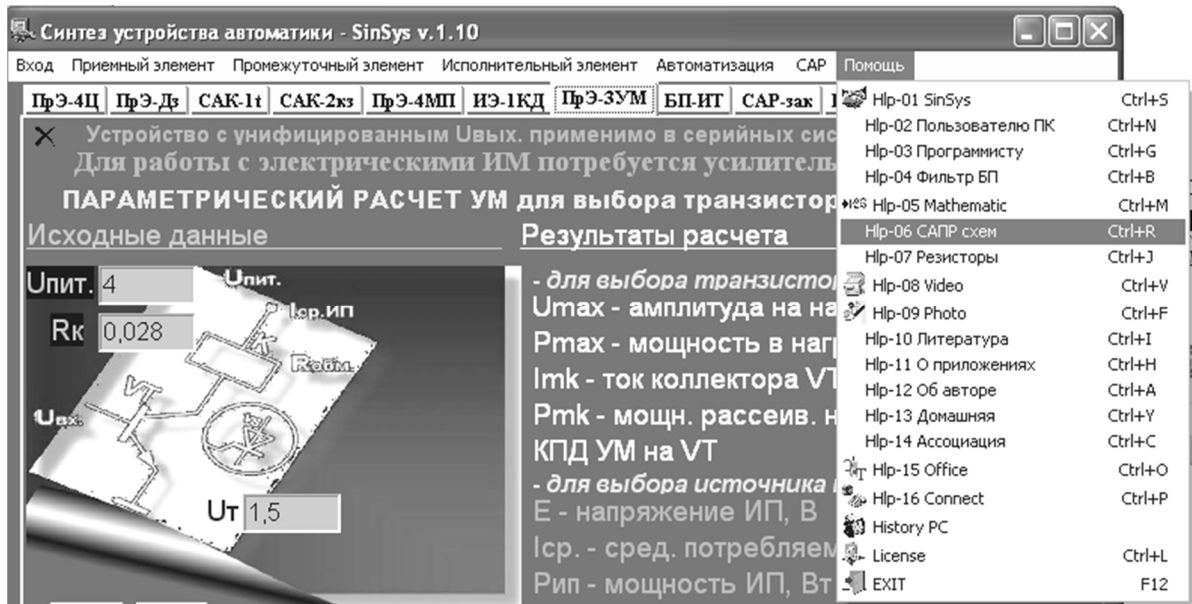


Рисунок 21.12 – Приклад виклику додатку sPlan 4.0 у пакеті програми SinSys

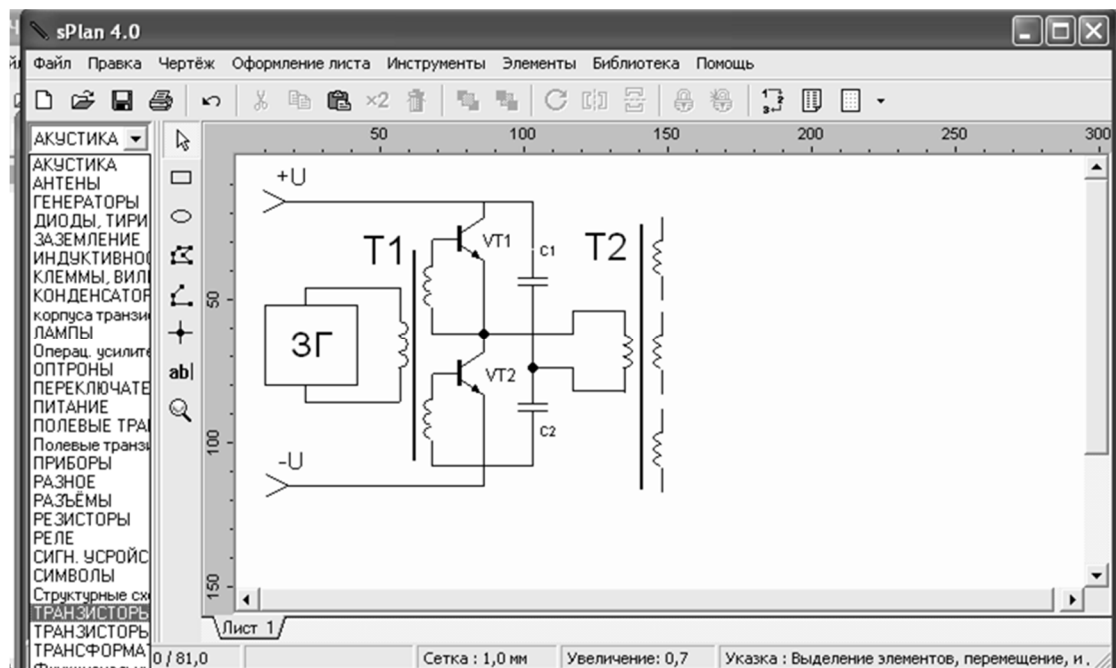


Рисунок 21.13 – Фрагмент підготовки принципової електричної схеми

Додаток sPlan 4.0 призначений для побудови необхідних електросхем будь-яких пристроїв. Його інтерфейс складається з основної, головної та інструментальної панелей. У ньому також є бібліотека необхідних штучних елементів електросхем, яка розташована на екрані зліва (див. рис. 21.13). Бібліотека складається з розділів, відкриття будь-якого розділу бібліотеки ілюструє елементи які для нього наявні (рис. 21.14). Якщо в запитаному розділі бібліотеки немає необхідного елемента для побудування електросхеми, його можна створити самостійно або відкоригувати вже наявний елемент і зберегти (рис. 21.15).

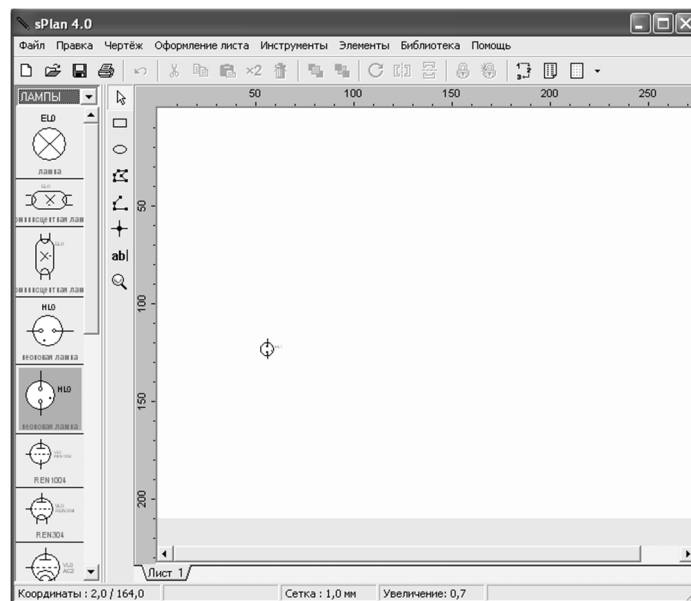


Рисунок 21.14 – Приклад елементів електросхем розділу бібліотеки  
«ЛАМПЫ»

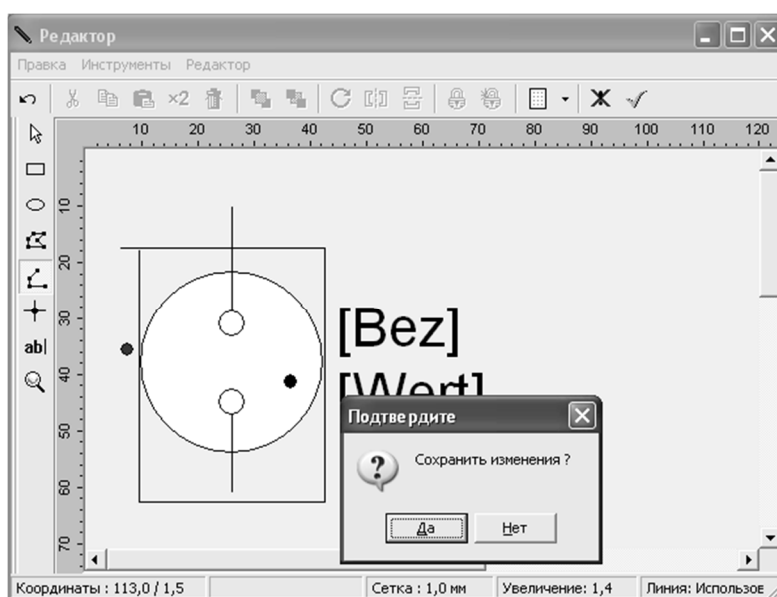


Рисунок 21.15 – Редагування наявного елемента бібліотеки та його збереження

1. Для **створення нового елемента в бібліотеці** необхідно вибрати розділ бібліотеки, в який буде поміщений елемент. Далі, **«Бібліотека»** ► **«Создать новый элемент»** (рис. 21.16). У вікні, що з'явиться, уведіть позначення та номінал (марку, тип елемента) і натисніть кнопку **«Открыть»** (рис. 21.17). У вікні редактора, що відкриється, побудуйте новий елемент і потім натисніть **«Выход»**. Після цього в бібліотеці з'явиться створений новий елемент, який можна завжди відредагувати, змінити за необхідності.

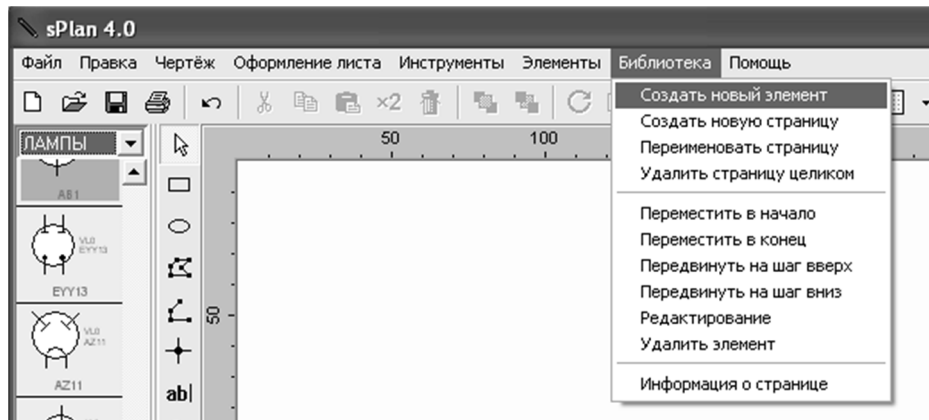


Рисунок 21.16 – Приклад створення нового елемента схеми в бібліотеці sPlan 4.0

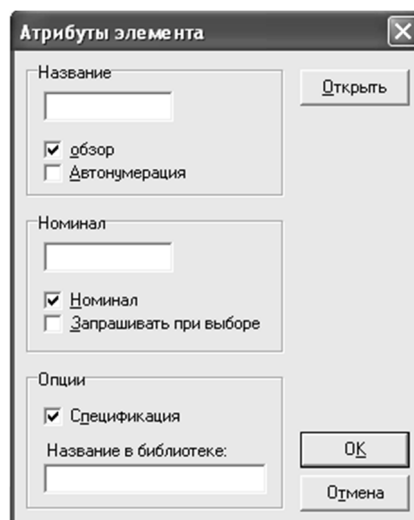


Рисунок 21.17 – Діалогове вікно **«Атрибуты элемента»** при створенні нового елемента бібліотеки sPlan 4.0

Створення нових елементів на базі готових бібліотечних здійснюється двома способами.

**Перший спосіб:** якщо потрібно створення графічного зображення, яке складається з двох і більш елементів наявних у бібліотеці, наприклад оптотранзистора. Для цього необхідно витягнути на полі креслення

відповідні елементи та розташувати їх поряд. Далі виділити перший елемент і вибрати опцію «*Элементы*» ➤ «*Упорядочить размер маски*» (рис. 21.18).

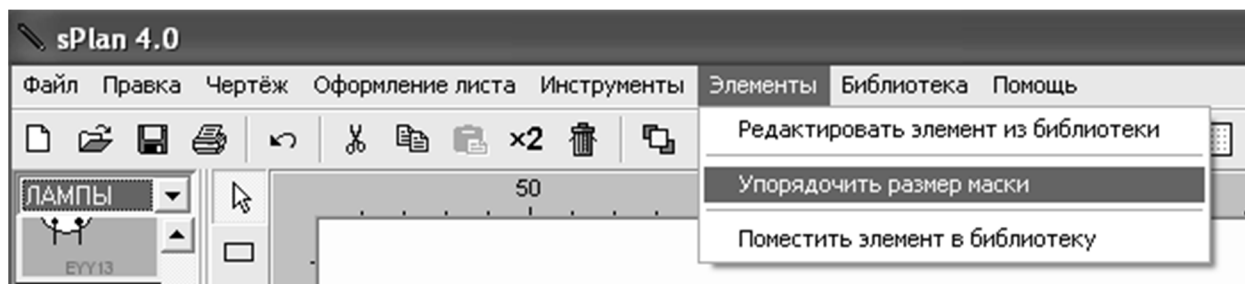


Рисунок 21.18 – Приклад створення складного елемента бібліотеки sPlan 4.0

Після виконання цієї команди зображення елемента буде розбито на елементарні відрізки. Далі виділити другий елемент і для нього знову вибрати цю опцію «*Элементы*» ➤ «*Упорядочить размер маски*» і так для кожного з вибраних елементів. Після того, як зображення всіх вибраних елементів буде розбито на прості відрізки необхідно їх всіх виділити та вибрати опцію «*Элементы*» ➤ «*Редактировать элемент из библиотеки*». У вікні, що з'явиться, введіть позначення елемента, і його номінал (марка, тип), виберіть кнопку «*Открыть*» і виділені елементи будуть перенесені в редактор графічного образу. Відредагуйте зображення та виходьте з редактора («*Редактор*» ➤ «*Выход*»). На полі креслення буде отримано елемент, який можна помістити у відповідну бібліотеку за командами «*Элементы*» ➤ «*Поместить элемент в библиотеку*».

#### Другий спосіб:

- витягнути на полі креслення відповідні елементи та розташувати їх поряд;
- клацнути на кожному елементі мишею у вікні, що з'явилося, прибрати галочку «*Обзор*» ➤ **ОК**;
- після того, як позначення елементів пропадуть, виділить їх всі та виберіть опцію «*Элементы*» ➤ «*Редактировать элемент из библиотеки*»;
- у вікні, що з'явиться, уведіть позначення елемента, і його номінал (марка, тип), потім, виберіть кнопку «*Открыть*». Після цього виділені елементи будуть перенесені в редактор графічного образу. Відредагуйте зображення та виходьте з редактора («*Редактор*» ➤ «*Выход*»);
- на полі креслення буде отримано елемент, який можна помістити у відповідну бібліотеку за командою «*Элементы*» ➤ «*Поместить элемент в библиотеку*».

2. *Створення будь-якого графічного об'єкта* в полі креслення здійснюється за допомогою інструментальної панелі (рис. 21.19).



Рисунок 21.19 – Інструментальна панель додатка sPlan 4.0

*Примітка.* Для того щоб здійснити введення будь-якої команди для створення графічного об'єкта, необхідно користуватися ЛК миші, а для скасування викликаної команди ПрК миші.

3. *Збереження результатів* роботи (креслення схем) необхідно виконувати не у вигляді файлу програми sPlan: «Файл» ➤ «Сохранить как...» ➤ \*.spl, а у вигляді документа – «Чертеж» ➤ «Сохранить лист» ➤ \*.blt, оскільки команда копіювання («copу») працює тільки в межах декількох документів.

4. Для *копіювання фрагментів* однієї схеми в іншу необхідно відкрити відповідні документи зі схемами, наприклад, «Чертеж» ➤ «Открыть лист» ➤ 1.blт і «Чертеж» ➤ «Открыть лист» ➤ 2.blт, і виконати команду копіювання. Отриману схему знову слід зберегти у вигляді нового документа зі своїм ім'ям.

5. Можливість *збереження* підготовлених ілюстрацій дає змогу використовувати їх у середовищі програми КОМПАС.

Графічний редактор має докладний опис для освоєння, простий у використанні й легко освоюється користувачами.

Приклад використання підготовленої схеми за допомогою прикладної програми SinSys (рис. 21.13) у середовищі програми КОМПАС наведений на рисунку 21.20.

Для того щоб вставити підготовлену схему в КОМПАС, необхідно скористатися серією таких команд: «Вставка» ➤ «Объект...» ➤ у діалоговому вікні «Вставка объекта» вибрати ➤ «Рисунок Microsoft Word» ➤ ОК. Після цього з'явиться хрестоподібний курсор, яким необхідно вказати точку прив'язки рисунка. З'явиться текстовий документ Microsoft Word із рамкою для рисунка, в яку необхідно скопіювати необхідну схему. Після цього закриваємо документ Microsoft Word і вже на кресленні КОМПАС ще раз підтверджуємо точку прив'язки.

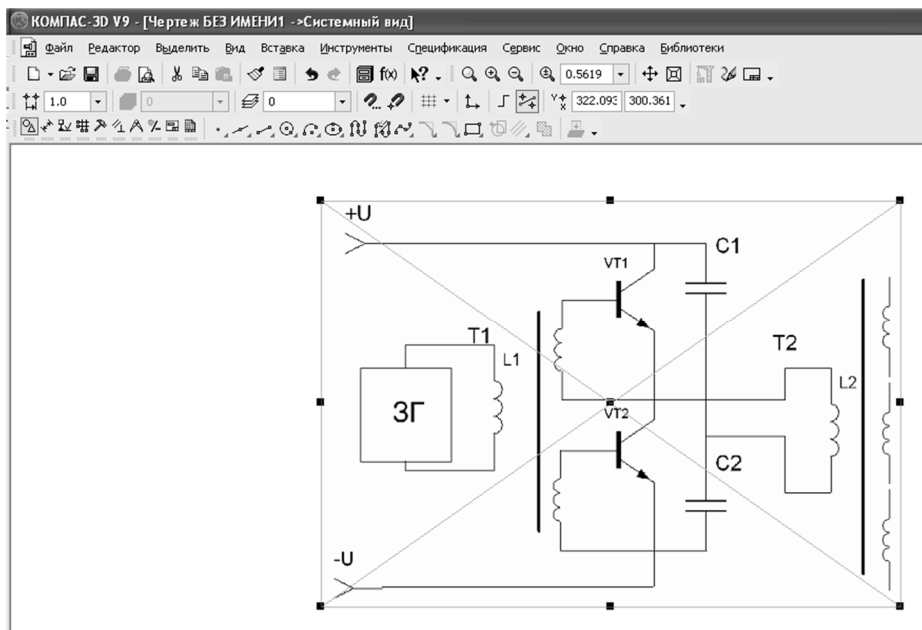


Рисунок 21.20 – Приклад використання готової схеми в середовищі програми КОМПАС

Коригування розмірів і розміщення схеми здійснюють за допомогою зеленої рамки з характерними точками, яка з'явиться, як тільки клацнути по вставленому рисунку.

## 21.4 Економічний аналіз проекту

Усі проектні роботи звичайно починають із попереднього розрахунку витрат на їх реалізацію. Сучасне комп'ютерне проектування електромеханічних пристроїв має перспективу проводити такий аналіз на будь-яких етапах, що дає змогу уточнювати попередні економічні оцінки проектів і своєчасно коректувати їх. Очевидно, що в колишніх конструкторів не було такого завдання, яке тепер може виконуватися швидко і досить якісно.

У пакеті програми SinSys на сторінці «ПрЭ-Эк» є додаток «АРМ менеджера-економиста». Ця програма реалізує класичний шлях розрахунку економічних показників будь-яких частин проекту, що виконуються самими проектувальниками.

Після виклику програми на головний інтерфейс її включення проводиться шляхом натиснення кнопки «Включение» (рис. 21.21).

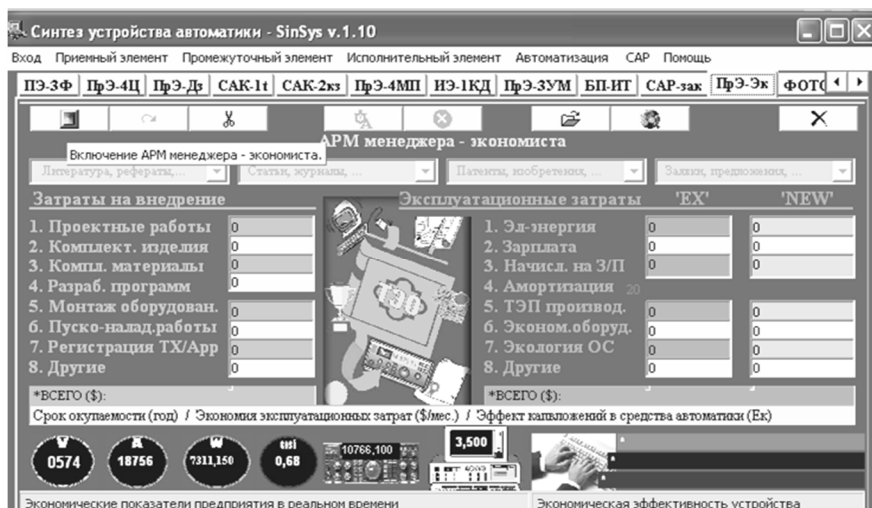


Рисунок 21.21 – Интерфейс програми «ПрЭ-Эк» для виконання економічного аналізу проектованого обладнання

Интерфейс програми містить органи керування для звернення до списків різноманітної технічної літератури, каталогам спеціальних періодичних видань, джерелам інформації про патенти на винаходи й інші дані, які користувач самостійно може організувати у відповідних папках використовуваного комп'ютера.

Після введення початкових даних у відповідні вікна витрат на впровадження та експлуатацію технічного рішення розрахунок виконується після натиснення на кнопку «**СЧЕТ**».

Зручність програми полягає в можливості швидко змінити статті витрат для отримання необхідного результату від впровадження проектованого пристрою. На підставі розрахункових даних можна сформулювати або скорегувати вимоги до певного технічного рішення для досягнення цілей, обумовлених, наприклад, певними вихідними величинами, що відображають економічні властивості створюваного технологічного об'єкта або пристрою.

Крім того, програма автоматично виконує експертизу даних, які вводяться користувачем для розрахунку.

Якщо початкові величини для певного пристрою нелогічні або не відповідають вимогам, що висовуються до сучасних аналогічних виробів, «експерт» програми сам зробить відповідні виводи й представить їх користувачеві у вигляді лаконічної фрази. Хоча програма створювалася в навчальних цілях вона, може виявитися корисною і досвідченим проектувальникам, оскільки наявні в ній особливості дають змогу розробнику уникнути неприпустимих помилок у проектуванні різного електромеханічного обладнання або їхніх компонентів.

Результати розрахунку для певного технічного рішення програма формує у вигляді електронної таблиці, зручної для зберігання, аналізу і друку в паперовому варіанті. Приклад такого документа ілюструє таблиця 21.4.

Таблиця 21.4 – Приклад оформлення результатів розрахунку програмою «ПрЭ-Эк»

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн	Період окупності, рік
1	<b>Витрати на впровадження</b>		
	Дослідницькі та проектні роботи	<b>2500</b>	
	Комплектувальні вироби	<b>670</b>	
	Розроблення програмного забезпечення	<b>800</b>	
	Пусконаладжувальні роботи	<b>2500</b>	
	Інші	0	
2	<b>Експлуатаційні витрати «EX»</b>		
	Електроенергія	<b>907</b>	
	Заробітна плата	<b>1800</b>	
	Нарахування на заробітну плату	<b>666</b>	
	Амортизація (20%)	574,60	
	Інші	0	
3	<b>Експлуатаційні витрати «NEW»</b>		
	Електроенергія	<b>116</b>	
	Заробітна плата	<b>336</b>	
	Нарахування на заробітну плату	<b>124</b>	
	Амортизація (20 %)	115,20	
	Інші	0	
4	Скорочення експлуатаційних витрат	3356,40	
5	Окупність		<b>1,9</b>

### 21.5 Інші завдання під час підготовки комп'ютерних проектів

Сучасний проектувальник у процесі розроблення електромеханічних пристроїв не може залишати поза увагою такі питання, як вибір елементів і матеріалів, монтаж компонентів схем, технологію виготовлення печатних плат, правила монтажу окремих компонентів, варіанти виконання роз'ємних електричних з'єднань тощо.

Для вирішення багатьох з цих завдань вже створені й продовжують створюватися оригінальні програмні продукти, за появою яких потрібно звертатися на різні сайти глобальної мережі INTERNET.

Особливої уваги заслуговують питання зовнішнього оформлення електромеханічних пристроїв. Ці особливості обумовлені вимогами ринку, характерною межею якого є вплив на збут виробів, їхній зовнішній вигляд, зручність у користуванні, простота розбирання – складання під час ремонту тощо.



У програмі **SinSys** міститься невелика фотобібліотека виробів, які випускаються, що дає змогу розробнику у будь-який час проглядати її, доповнювати, змінювати та самостійно розвиватися в питаннях технічної естетики і дизайну.

Немає сумніву, що електронні або комп'ютерні методи проектування електромеханічних систем і надалі активно удосконалюватимуться. Обумовлено це буде, насамперед створенням нових програмних продуктів, які стануть корисними додатками для програми КОМПАС у процесі підготовки технічної документації будь-якої складності.

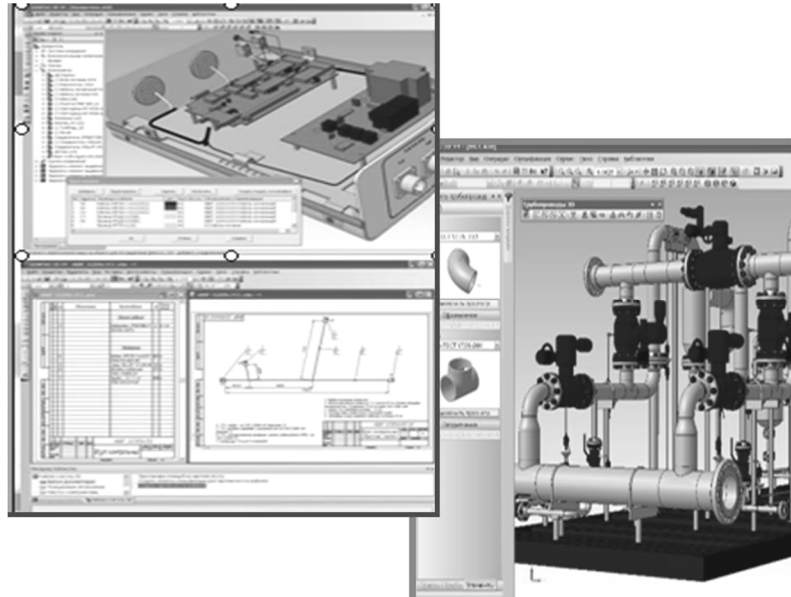
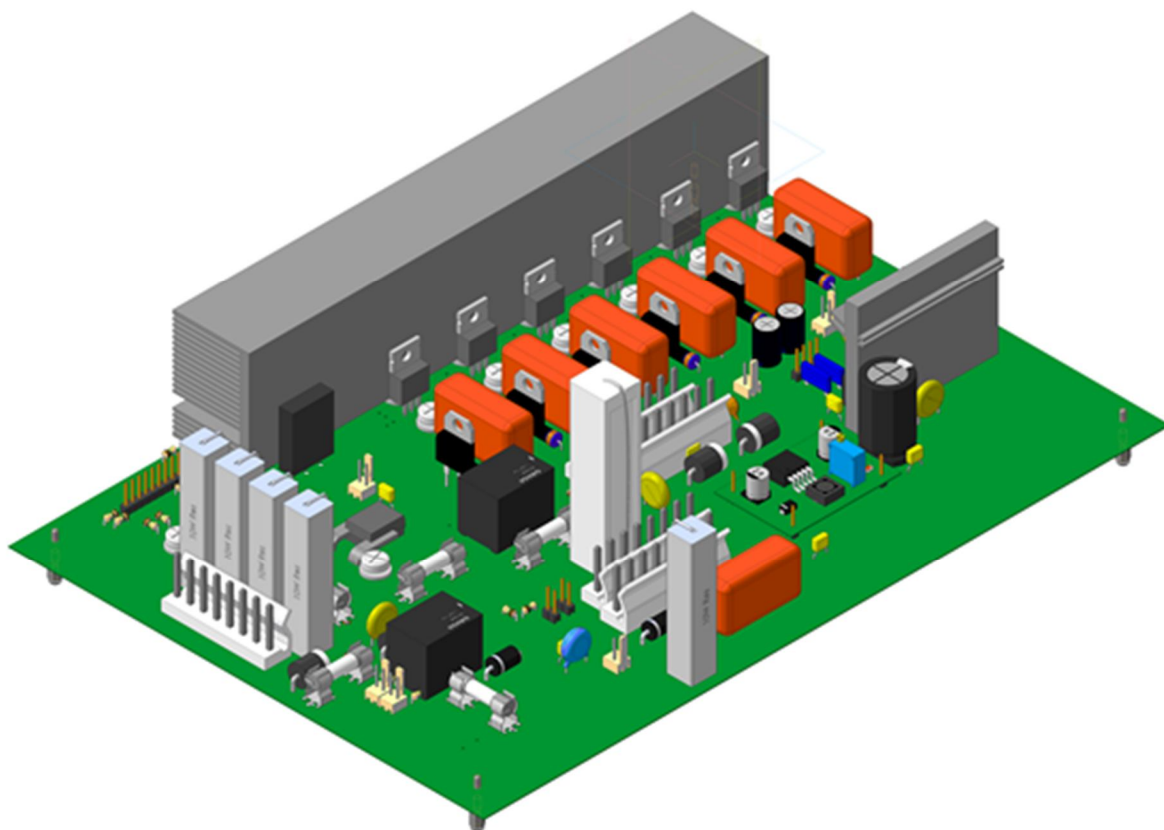


Рисунок 21.22 – Приклад проекту складного технічного рішення

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Поясніть застосування пакетів програм під час проектування.
2. Що таке віртуальне моделювання?
3. Чому віртуальне моделювання використовується під час автоматизованого проектування?
4. Як у програмах реалізують алгоритми обчислень?
5. Навіщо у спеціальних програмах створюються спливаючі підказки?
6. Поясніть використання оперативного економічного аналізу реальних проектів?
7. Як під час проектування оперативно знайти необхідну прикладну програму?

**Частина IV.**  
**ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**



## 22 РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 22.1 Розроблення функціональної та структурної схем

Функціональні схеми роз'яснюють певні процеси, що протікають в основних і допоміжних компонентах систем керування, які визначають функціонально-блокову структуру всіх вузлів і елементів.

Функціональні властивості компонентів систем керування повинні забезпечувати контроль, вимірювання і відображення технологічних величин, збереження інформації в реальному часі, формування керувальних величин в автоматичному і ручному режимах, передачу аналогових і цифрових даних на відстань, сигналізацію, блокування, реалізацію алгоритмів у критичних ситуаціях тощо. Головні функціональні властивості наведені в таблиці 22.1.

Таблиця 22.1 – Умовні позначення функціональних ознак пристроїв

Функціональна ознака	Позначення
Показувальний	I
Реєструвальний	R
Регулювальний	C
Перетворювальний, обчислювальний	Y
Сигналізувальний	A
Приймальний елемент	E
Задавальна верхня межа	H
Задавальна нижня межа	L
Дистанційна передача	T
Програмний	K
Станція керування	S
Інші	Резервні букви

Під час проектування цифрових систем керування використовують: опис ТО і роботи технологічного обладнання з характеристиками обладнання ТП тощо (рис. 22.1, 22.2).

Кожен комплект компонентів, що входить в єдиний керувальний пристрій, називають контуром керування та означають його відповідним номером (рис. 22.3).

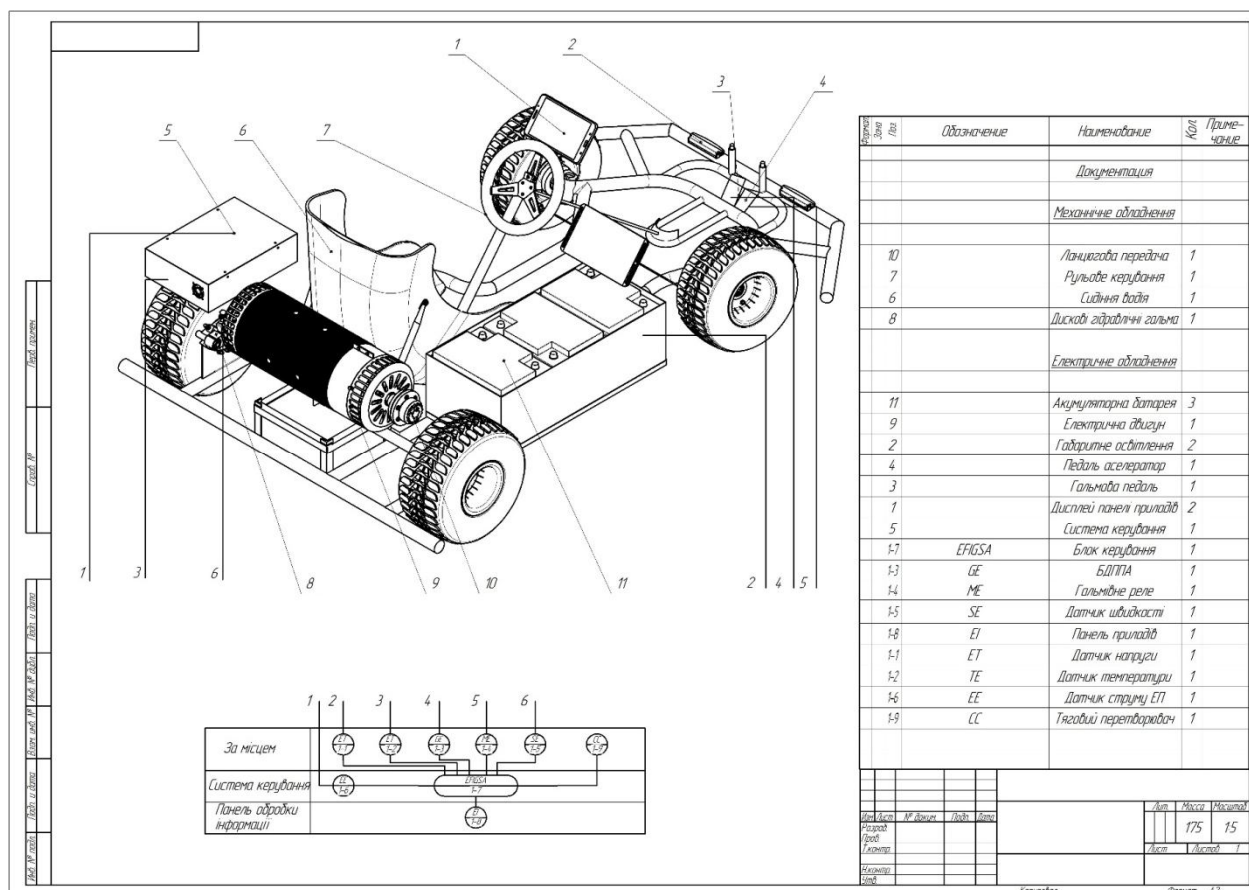


Рисунок 22.1 – Приклад функціональної схеми ТО

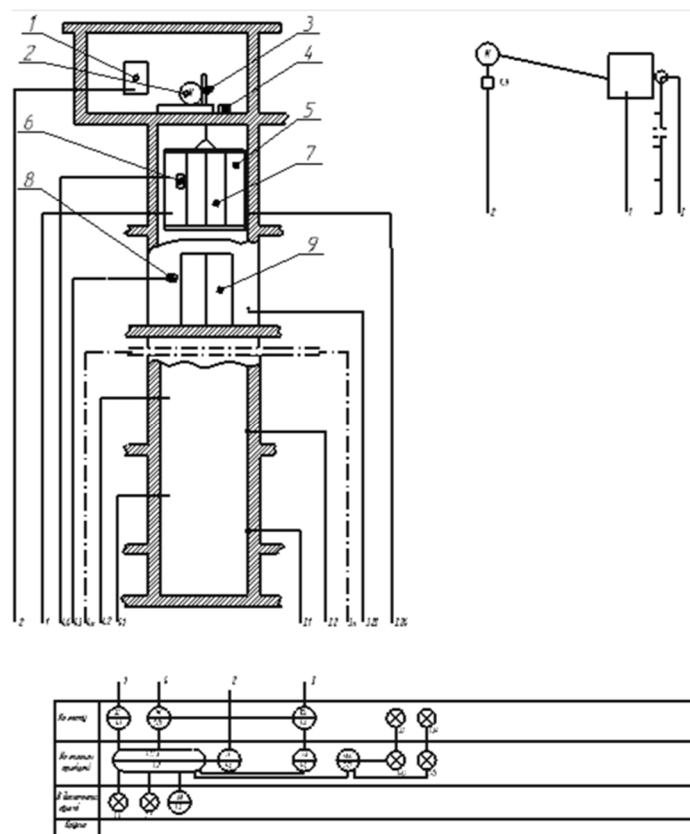


Рисунок 22.2 – Приклад функціональної схеми ТО

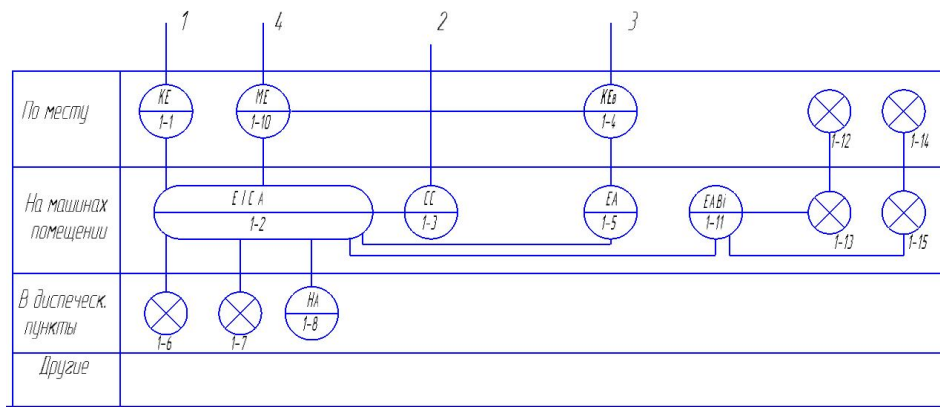


Рисунок 22.3 – Приклад фрагмента функціональної схеми ТО

Графічне зображення частин цифрової системи керування, які взаємопов'язані між собою за певною ознакою та шляхами передачі дій називають *структурною схемою* цифрової системи керування.

На структурних схемах елементи автоматичних систем зображають квадратами або прямокутниками, в які вписують умовні позначення компонентів (наприклад, *ПЕ* – приймального, *ПрЕ* – проміжного, *ВЕ* – виконавчого, *ЗЕ* – задавального (задатчик) елементів тощо). Елементи, що підсумовують, зображають у вигляді кола, розділеного на сектори.

У процесі розроблення структурних схем враховують особливості елементів. Так, якщо *ВЕ* не є простим перетворювальним підсилювальним елементом, а в динамічному плані є складнішою ланкою (інтегрувальним, аперіодичним тощо), то її динамічні властивості обов'язково використовують під час формування закону регулювання, а на структурних схемах особливості *ВЕ* обов'язково потрібно відмітити (рис. 22.4, 22.5).

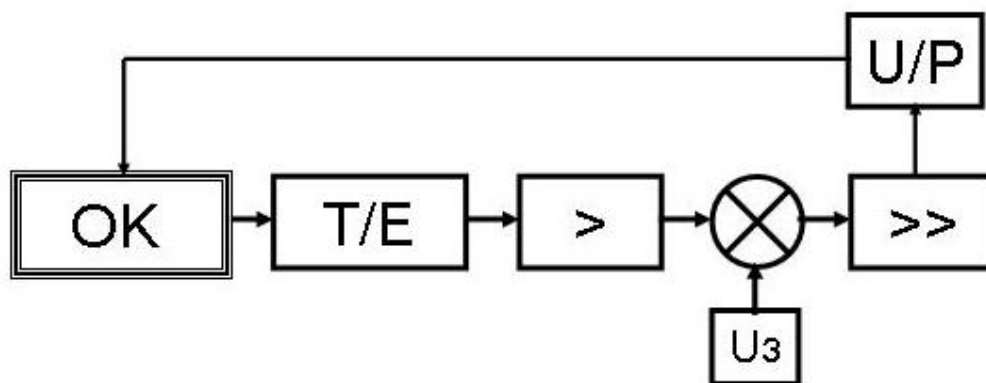


Рисунок 22.4 – Структурна схема цифрової системи керування:  
 ОК – об'єкт керування; Т/Е – датчик-перетворювач (параметр – ЕРС);  
 > – підсилювач напруги; >> – підсилювач потужності; ⊗ – елемент порівняння (суматор); U<sub>3</sub> – задатчик; U/P – виконавчий елемент (електричний сигнал – механічна дія)

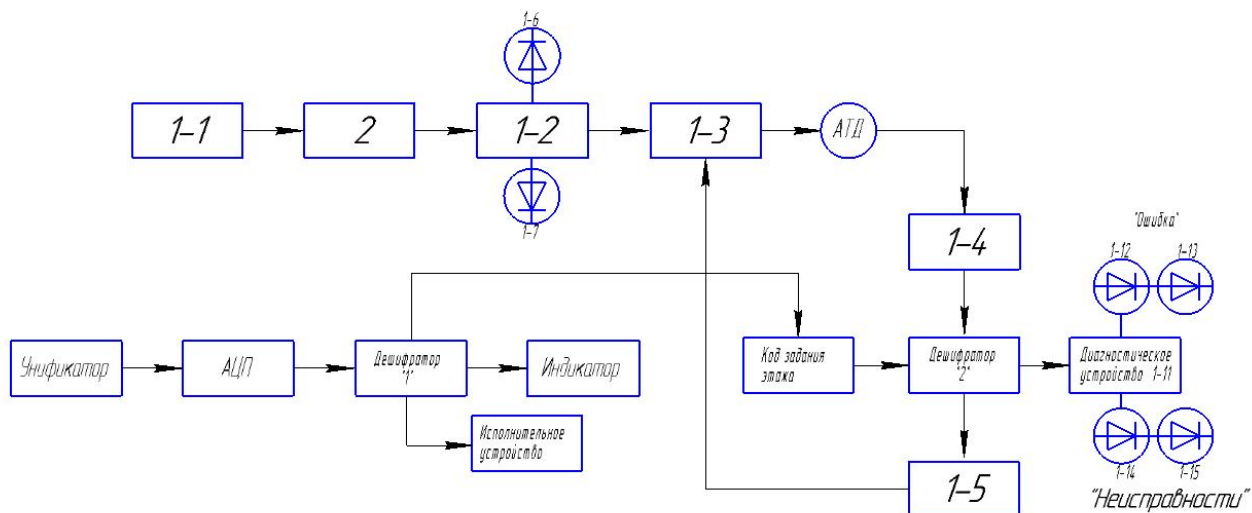


Рисунок 22.5 – Структурна схема цифрової системи керування

На підставі отриманої структурної схеми й алгоритму роботи елементів системи формуються технічні вимоги до всіх компонентів схеми, що реалізують окремі функції. Узгодженість роботи компонентів у процесі обробки інформаційних сигналів і взаємному обміні результатами перетворень інформації висувають певні технічні вимоги до кожного функціонального вузла. У зв'язку з цим для реалізації схеми можна застосувати або готові блоки в інтегральному виконанні, або синтезувати їх із простих елементів. Подібний синтез виробляється, наприклад, за допомогою алгебри логіки, використовуваної для отримання описів функціональних залежностей і побудови еквівалентних схем. Якщо синтезовані схеми мають незадовільні результати розробник повинен уміти вибрати інший найбільш прийнятний варіант рішення поставленої задачі. Тому проектувальник повинен уміти працювати з алгеброю логіки, знати головні цифрові елементи, уміти їх застосовувати, а також володіти засадами вирішення найпоширеніших алгоритмів перетворення аналогової, дискретної та цифрової інформації. Знання найпоширеніших інженерних прийомів у проектуванні пристроїв дають змогу відразу скористатися готовою схемою, не займаючись даремною роботою.

Необхідно зазначити, що реалізація схеми набагато складніша, ніж просте рішення задачі в алгебрі логіки та наборі отриманої функції з логічних елементів. Насправді, навіть найпростіші елементи, необхідно включати за певною схемою, знати призначення всіх виводів. Необхідно знати, чим розрізняються елементи в межах серії.

Розуміння внутрішньої логіки мікросхеми особливе важливо саме для фахівців з автоматики і промислової електроніки, оскільки цифрові

мікросхеми спочатку створювалися для виконання строго певних функцій у складі цифрових пристроїв керування (далі – ЦПК).

У пристроях цифрових систем керування елементи, що серійно випускаються, зазвичай виконують функції, не заплановані свого часу їх розробниками, і грамотне використання мікросхем у цих випадках безпосередньо залежить від розуміння логіки їхньої роботи.

Хороше знання тонкощів функціонування схем вузлів стає особливо необхідним і для пошуку несправностей, коли потрібно визначити, чи є несправність у цьому вузлі або ж на його вхід надходять комбінації сигналів, на які схема вузла не призначена.

З цієї причини в сучасних ЦПК передбачають додаткові діагностичні пристрої, для реалізації тестів компонентів схем у реальному часі. Для освоєння прийомів технічної діагностики для застосування їх у проектуваному пристрої може допомогти програма SinSys (рис. 22.6).

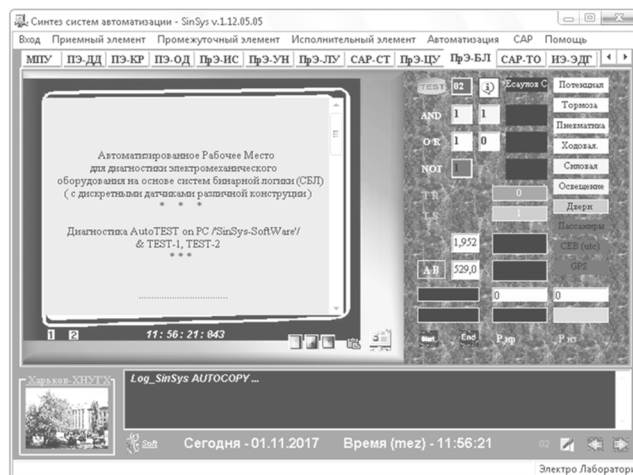


Рисунок 22.6 – Застосування логічних схем для діагностики електрообладнання на транспорті

## 22.2 Розроблення структурних і функціональних схем компонентів

Процес вимірювання починається зі сприйняття вимірюваних величин і формування вимірювального сигналу, який далі необхідно перетворити. Оскільки ці процеси нерозривно пов'язані, то передусім вибираються приймальні елементи (датчики), аналогові або дискретні сигнали з яких здебільшого визначають структурні схеми перетворювачів інформаційних сигналів.

Головною властивістю датчика є його сприйняття технологічного параметра і представлення його в зручний інформаційний електричний сигнал для подальших дій над ним.

### 22.2.1 Розрахунок дискретних датчиків

Для контролю електричних величин, що змінюються в значних межах (номінальний режим, коротке замикання, відсутність навантаження) конструюють схеми, що забезпечують струмобмежувальні умови експлуатації фотовипромінювача. Реалізацією принципу такого рішення може бути схема (рис. 22.7).

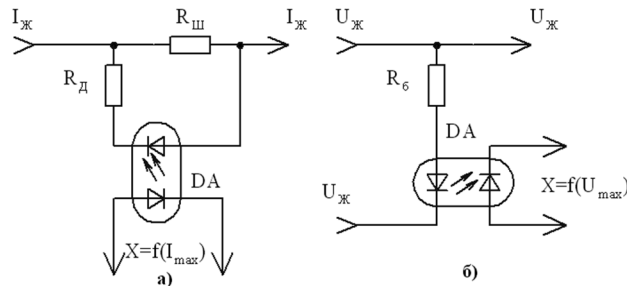


Рисунок 22.7 – Схеми оптичних пристроїв для контролю електричних величин:

*а – електронний амперметр; б – електронний вольтметр*

Використовуючи програму SinSys «ПЭ-ОД» (рис. 22.8), можна швидко розрахувати оптичні приймальні елементи, використовувані для безконтактного дискретного контролю напруги і струму в електричних ланцюгах.

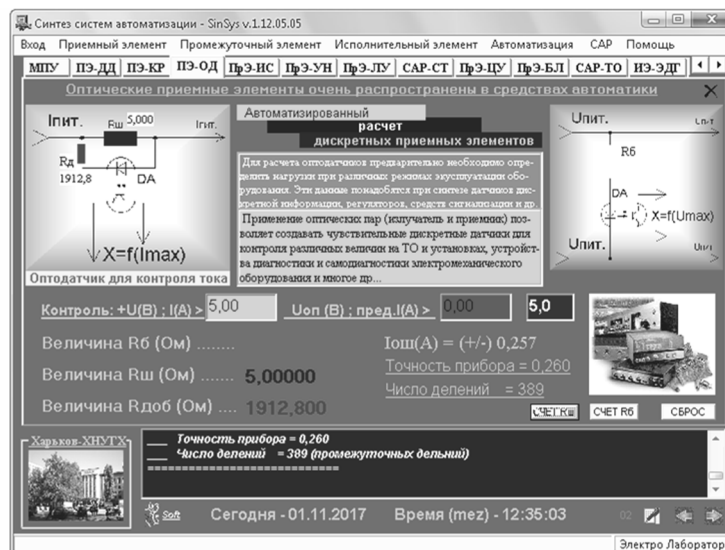


Рисунок 22.8 – Програма розрахунку дискретних оптичних датчиків



## 22.2.2 Розрахунок аналогових датчиків

Для більшості аналогових датчики використовуються вимірювальні схеми, нормалізатори сигналів (1,25 В; 2,5 В; 5 В; 10 В) і в цифрові пристрої перетворення аналогового сигналу в цифровий код за допомогою однойменного перетворювача АЦП.

Програма розрахунку вимірювальної схеми та нормалізатора наведена на рисунках 22.9, 22.10, відповідно.

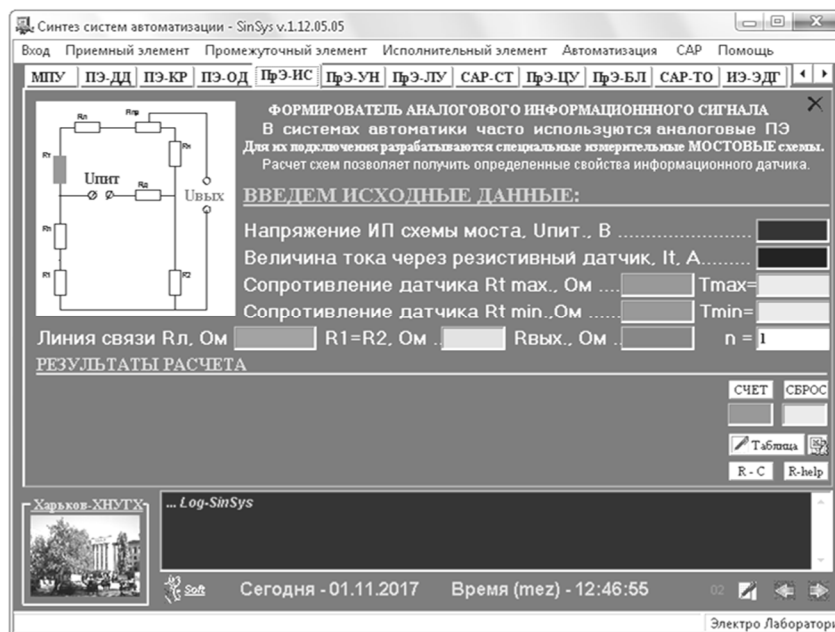


Рисунок 22.9 – Програма розрахунку вимірювальної схеми

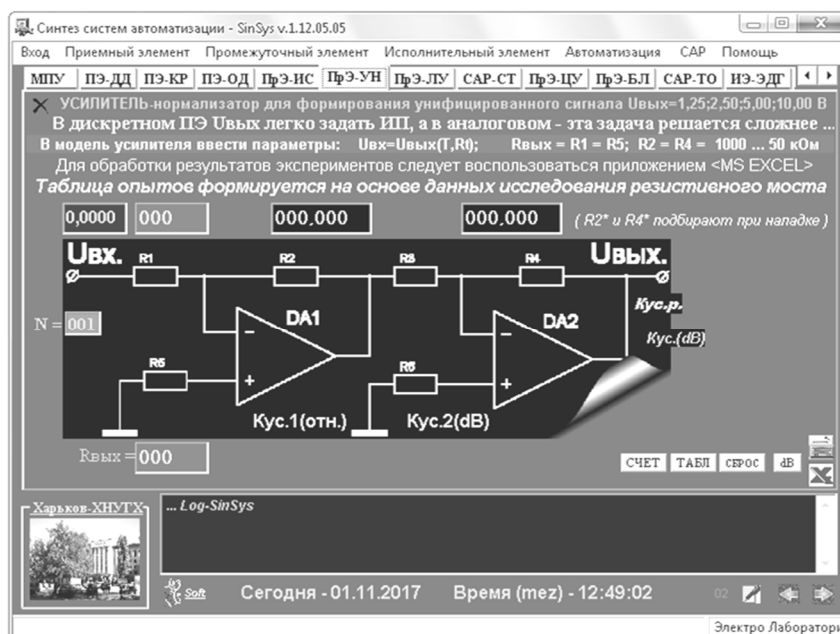


Рисунок 22.10 – Програма розрахунку нормалізатора сигналу

## 22.3 Розроблення структурної схеми цифрового пристрою

### 22.3.1 Цифровий пристрій із дискретними датчиками

Метою проектування цифрового пристрою з дискретними датчиками є отримання його логічної функції (далі – ЛФ) і відповідно їй схемної реалізації. ЛФ можуть мати різні форми представлення: словесне, графічне, табличне, алгебраїчне і схемне.

Табличне представлення значень ЛФ для всіх можливих наборів вхідних змінних (декілька датчиків) називається таблицею істиності (табл. 22.2). Загалом вигляді перехід від табличного представлення до алгебраїчного може здійснюватися за формулою – досконала диз’юнктивна нормальна форма ЛФ (далі – ДДНФ) (22.1).

Таблиця 22.2 – Таблиця істиності

Номер істиності вхідного набору	Сигнали від датчиків			ЛФ
	x2	x1	x0	Y <sub>мажор</sub>
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Усі події, наведені в таблиці 22.2, описує логічна формула, що має такий вигляд:

$$Y_{\text{мажор}} = \sim x_2 * x_1 * x_0 + x_2 * \sim x_1 * x_0 + x_2 * x_1 * \sim x_0 + x_2 * x_1 * x_0. \quad (22.1)$$

Далі за допомогою вираження (22.1) будується функціональна схема цифрового пристрою дискретної дії (рис. 22.11)

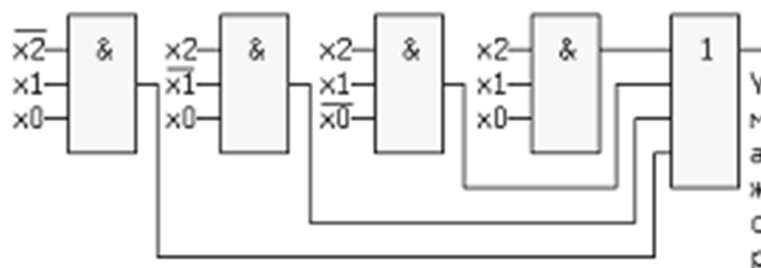


Рисунок 22.11 – Функціональна схема цифрового пристрою

Залежно від призначення схеми, динамічних властивостей ТО і багатьох інших чинників принципова схема керувального пристрою відрізнятиметься від наведеної на рисунку 22.11, що відбиває принцип реалізації ідеї логічного керування. Приклад реалізації логічної схеми з елементом пам'яті ілюструє стенд програми SinSys (рис. 22.12).

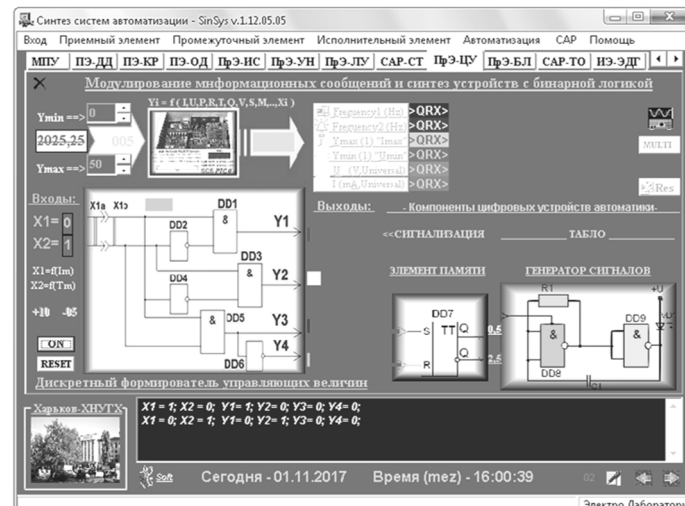


Рисунок 22.12 – Принципова схема керування з аналоговим сигнальним пристроєм

На рисунку 22.12 є гібридне рішення, яке включає цифрові й логічні елементи, що обумовлено неможливістю керувати аналоговим джерелом сигналу тривоги тощо за допомогою цифрового коду або електричних імпульсів.

### 22.3.2 Цифровий пристрій з аналоговим датчиком

Ураховуючи типові принципи синтезу цифрових пристроїв роботи будь-якого з них можна подати в словесній формі. По передньому фронту імпульсу починається відлік. При вступі заднього фронту імпульсу або у разі перевищення заданого інтервалу часу відлік зупиняється. Якщо значення в лічильнику перевищує задана межа, необхідно вивести сигнал «помилка». Інакше повинні відображатися вміст лічильника та величина виміряного інтервалу передається в пристрій обробки.

До складу структурної схеми розглянутого пристрою належатимуть такі елементи: детектор фронтів (далі – ДФ); схема підрахунку тактових імпульсів (далі – СУ); тактовий генератор (далі – ТГ); схема перетворення паралельного коду в послідовний (далі – ПК); схема відображення інформації (далі – УО).

Структурна схема перетворювача відображена на рисунку 22.13.

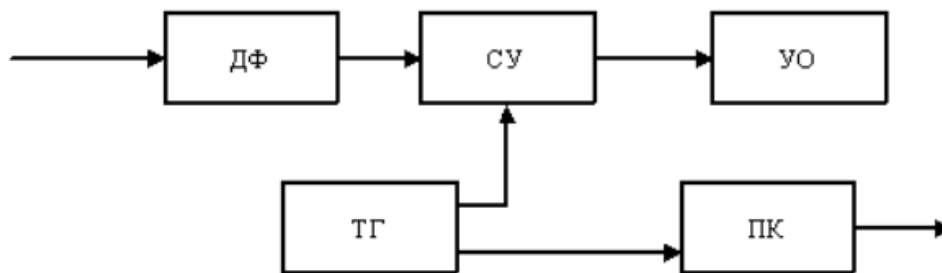


Рисунок 22.13 – Структурна схема пристрою обробки інформації

У процесі розроблення функціональної схеми пристрою на рисунку 22.13 використовуються відомі типові елементи.

Детектор фронтів складається з двох чекаючих мультивібраторів і тригера. Один чекаючий мультивібратор призначений для виділення заднього фронту імпульсу і скидає тригер. Інший чекаючий мультивібратор, призначений для виділення переднього фронту імпульсу. Він перемикає тригер в одиничний стан і виробляє сигнал скидання лічильника. Обидва мультивібратори виробляють імпульси тривалості необхідною для надійного перемикання тригера (рис. 22.14).

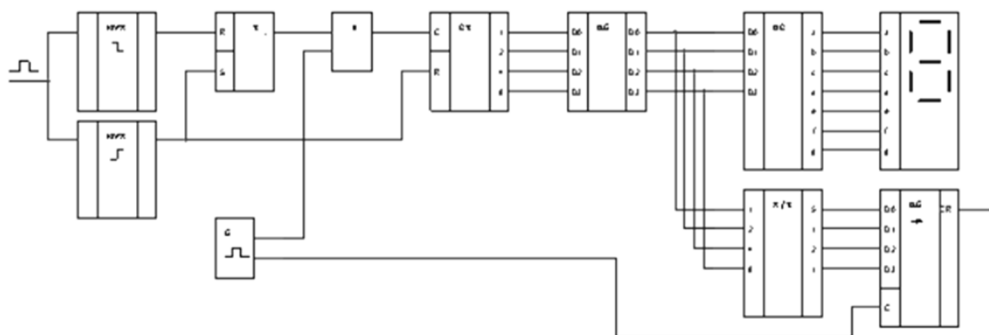


Рисунок 22.14 – Функціональна схема пристрою обробки інформації

Схема підрахунку тактових імпульсів складається з елемента «І» і лічильника. Елемент «І» пропускає тактові імпульси від генератора, тільки якщо тригер знаходиться в одиничному стані. Лічильник забезпечує підрахунок імпульсів.

Схема відображення містить регістр, дешифратор і індикатори. Використання регістра дає змогу уникнути мерехтіння під час підрахунку. Запис у регістр виконується тільки із закінченням підрахунку тривалості імпульсу. Дешифратор потрібний для перетворення двійково-десятькового коду в код, що забезпечує відображення відповідної цифри.

### 22.3.3 Розроблення генератора тактових імпульсів

Для роботи лічильника та зсувного реєстра потрібний генератор тактових імпульсів. Схема генератора наведена на рисунку 22.15. Він побудований на двох елементах «І-НЕ» (DA1).

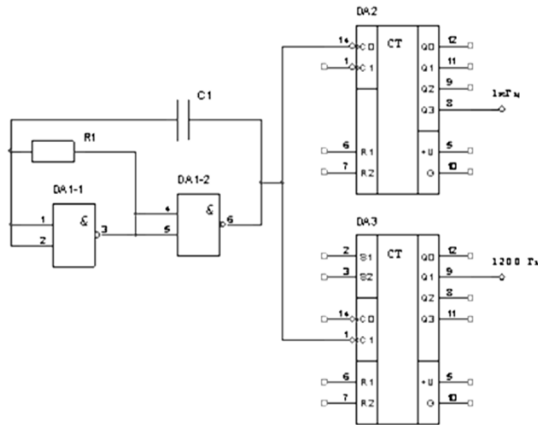


Рисунок 22.15 – Схема тактового генератора

Частота генерації визначається розрахунковим шляхом:

$$f_{\Gamma} = \frac{1}{3 \cdot R \cdot C}. \quad (22.2)$$

Прийнявши  $C = 1\text{нФ} \pm 10\%$ , визначимо номінал резистора:

$$R = \frac{1}{3 \cdot f_{\Gamma} \cdot C} = \frac{1}{3 \cdot 60000 \cdot 10^{-9}} = 55555.55[\text{Ом}].$$

Набудемо значення з номінального ряду  $R = 56\text{кОм} \pm 5\%$ .

Тоді для отримання, наприклад, частот у 10000 Гц і 1200 Гц потрібно оснастити генератор дільником частоти. Як дільники зручно використовувати лічильники (DA2, DA3). Для реалізації ділення на 5 використовуємо лічильник (DA3). Подаючи тактові імпульси на вхід C1 на виході Q1, отримаємо частоту, ділену на 5. Для реалізації ділення на 6 використовуємо лічильник DA2.

Аналогічно проектуються:

– схеми підрахунку тактових імпульсів (рис. 22.16), перетворювач паралельного коду в послідовний і схема керування. Для цього потрібно скористатися відомостями довідників і матеріалами технічної літератури.



Ураховуючи приклади застосування програми SinSys, що скорочують витрати часу на розрахунки й освоєння елементної бази, можна стверджувати, що для проектувальників розроблено безліч аналогічних програмних продуктів, освоєння яких є важливим і необхідним етапом становлення сучасного проектувальника цифрових засобів керування.

Приклади схем цифрових пристроїв, виконаних у середовищі КОМПАС.

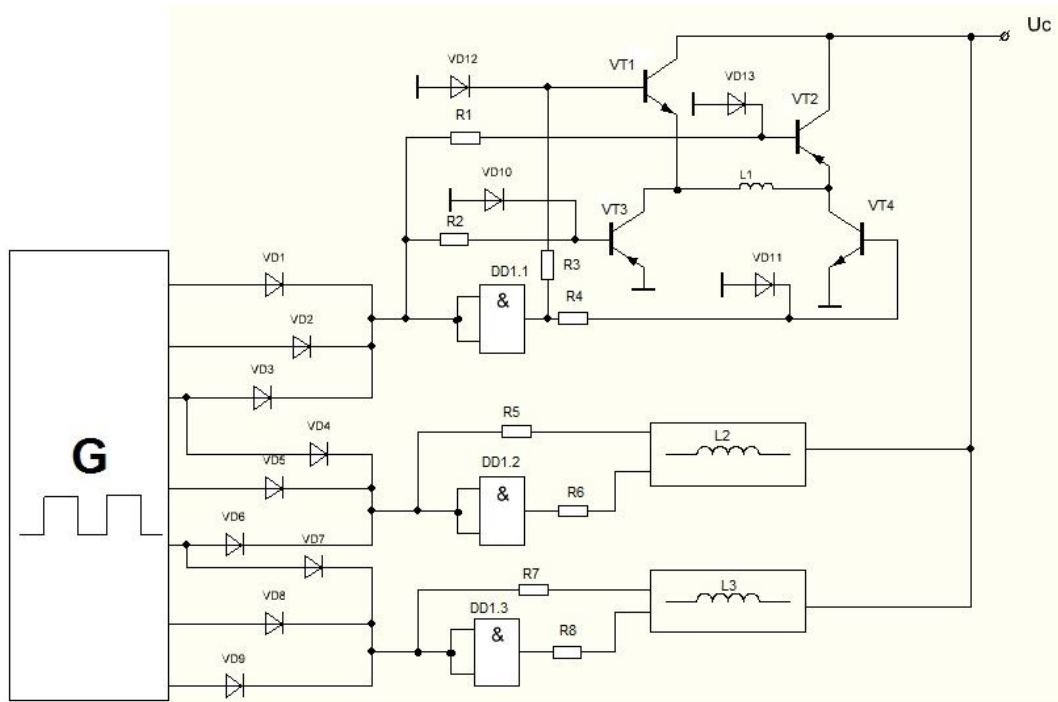


Рисунок 22.17 – Приклад принципової схеми цифрового керування тяговим електродвигуном електромобіля

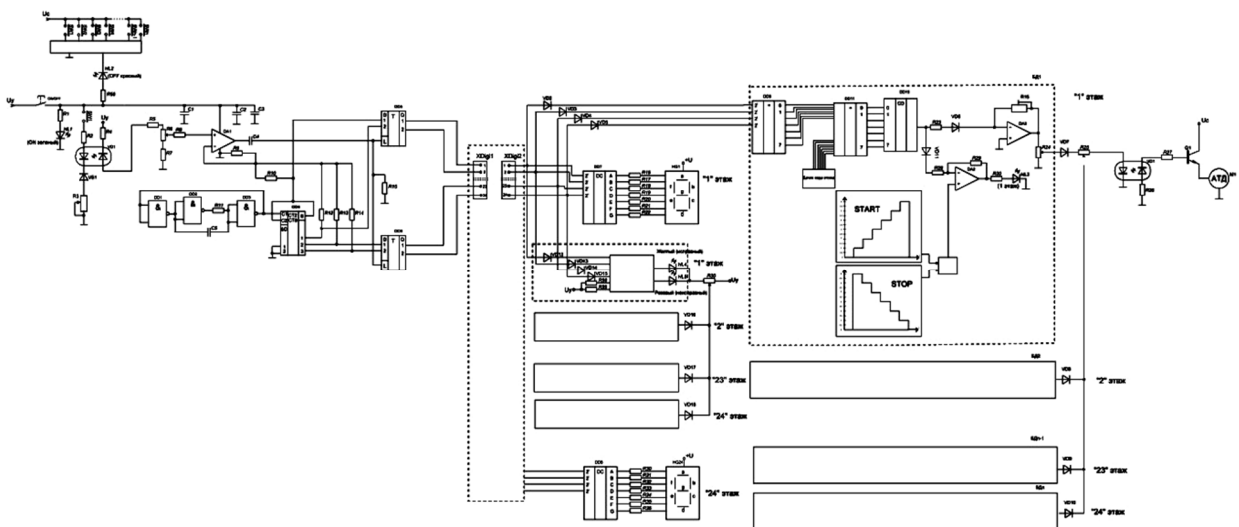


Рисунок 22.18 – Приклад принципової схеми цифрового керування тяговим електродвигуном швидкісного ліфта

## 22.4 Проектування пристроїв керування електроприводами

У найпоширеніших на практиці випадках виконавчі пристрої (далі – ВП) у системах керування реалізовані за допомогою електричних приводів. Керувальний сигнал, із виходу ВП повинен забезпечувати роботу електроприводу з урахуванням допустимих переміщень виконавчого органу (далі – ВО). У цифрових пристроях усі перестановочні дії ВО відповідають числу, що прийшло (коду положення ВП). Зміна положення ВО відбувається тільки з приходом нового числа.

Дуже популярні схеми керування швидкістю обертання двигуна постійного струму за допомогою широтноімпульсної модуляції (далі – ШІМ).

Для регулювання швидкості обертання двигуна за допомогою ШІМ на двигун подається повна напруга живлення, але регулюється час, протягом якого воно подається (рис. 22.19).

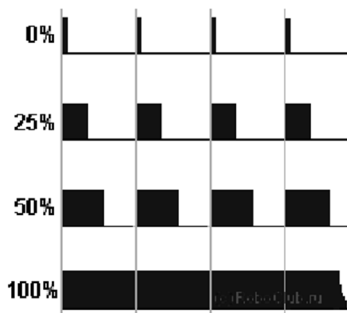


Рисунок 22.19 – Використання ШІМ у приводах постійного струму

У крокових електродвигунах (синхронні безщіткові електродвигуни) з декількома обмотками для керування використовується послідовна активація обмоток двигуна, що реалізує дискретні кутові переміщення (кроки) ротора.

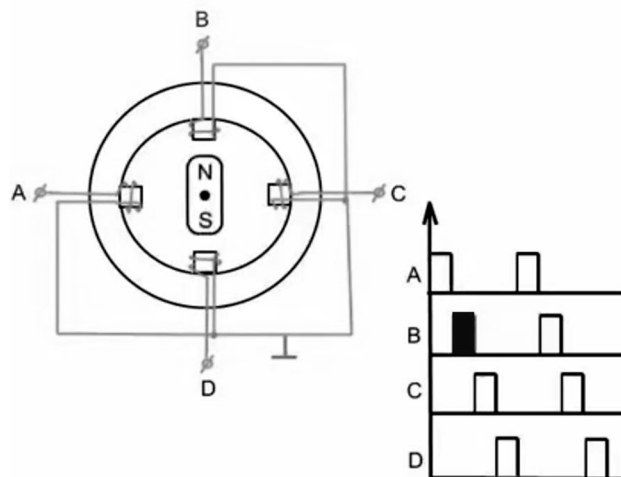
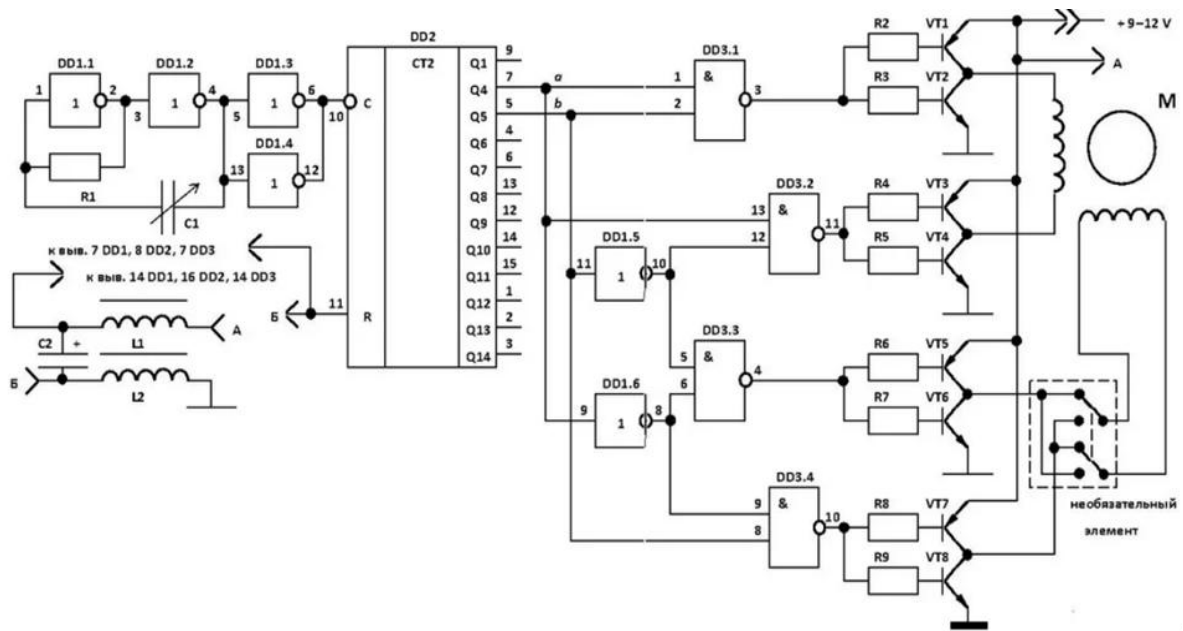


Рисунок 22.20 – Принцип активації фаз ШД



Варіант цифрової схеми керування ШД наведений на рисунку 22.21.



Рисунку 22.21 – Схема керувального пристрою кроковим електродвигуном

## 22.5 Проектування технічного дизайну цифрового пристрою

Оскільки цифрові системи реалізується на базі напівпровідникових компонентів, то такі пристрої завжди відрізняються компактністю та є вбудованими в експлуатоване електрообладнання плати з роз'ємами або малогабаритними корпусними виробами з набором друкованих плат.

Монтаж компонентів необхідно виконувати з урахуванням можливого демонтажу його, доступу для виконання налагодження, ручної діагностики, ремонту та заміни елементів, що вийшли з ладу. Дизайн цифрового пристрою наведений на рисунку 22.22.

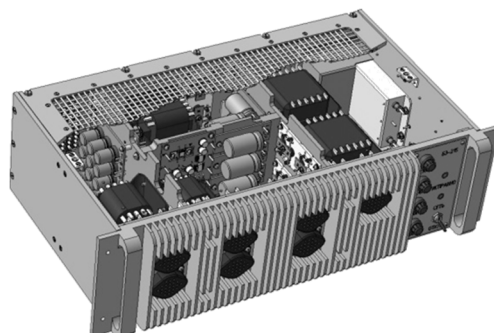


Рисунок 22.22 – Дизайн модульного цифрового пристрою

У процесі розроблення передньої панелі враховуються всі органи керування, якими повинні будуть користуватися оператор, засоби сигналізації, кнопки, перемикачі режимів роботи тощо.

Технічний дизайн панелей керування завжди потребує особливої уваги при їх проектуванні, оскільки від компонування елементів залежить зручність у користуванні, простота освоєння прийомів, що реалізують алгоритм цифрові пристрої керування, швидке звикання до розташування органів керування та сигналізації.

Для цифрового пристрою з переліком компонентів у таблиці 22.3 приклад підготовки ескізу панелі керування ілюструється на рисунку 22.23.

Таблиця 22.3 – Перелік компонентів цифрового пристрою керування для розміщення їх на пульті

Призначення компоненту	Виконання	Напис пояснення
Включення пристрою	Кнопковий вимикач	<b>«ВКЛ.»</b>
Перевірка приймальних елементів	Сенсорні вимикачі	<b>«Датчики»</b>
Перевірка виконавчих елементів і обладнання	Кнопкові вимикачі із поверненням	<b>«Оборудование»</b>
Включення режимів роботи обладнання	Кнопкові вимикачі	<b>«Ручной» «Автомат» «Выборочно» «СТОП»</b>
Засоби сигналізації	Світлодіоди кольорові	<b>«Вкл» «Проверка датчиков» «Проверка спецоборудования» «Ручной» «Автомат» «Селективно» «ПРОВЕРИТЬ» «РЕМОНТ» «НОРМА» «ОПАСНО» «СТОП»</b>
Засоби відображення інформації	Мнемосхема чи екран дисплею	Символьна мультиплікація
Пам'ятка оператору	Табличка ламінована	<b>HELP</b>

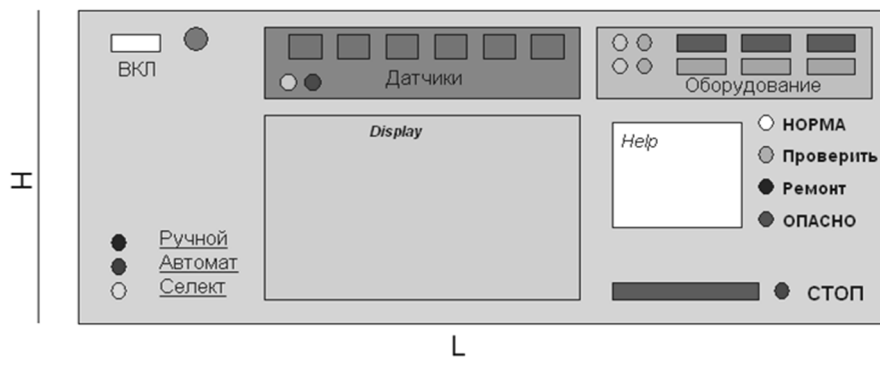


Рисунок 22.23 – Ескізний проект пульта керування автоматичного діагностичного пристрою для спеціального транспортного засобу:

L, H – габаритні розміри пульта

Приклади дизайну реалізованих навчальних цифрових пристроїв керування наведені на рисунках 22.24–22.26.

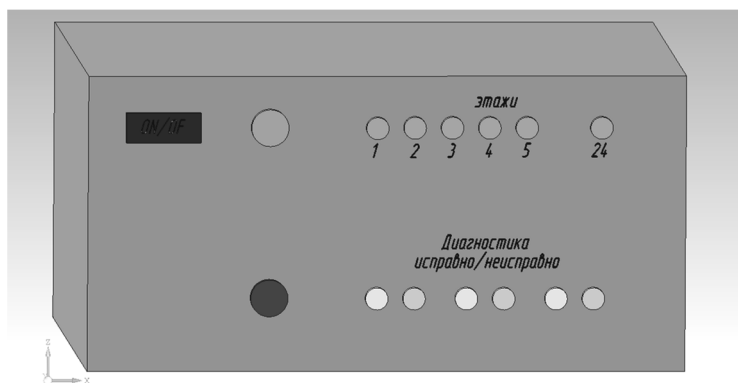


Рисунок 22.24 – Панель пристрою керування

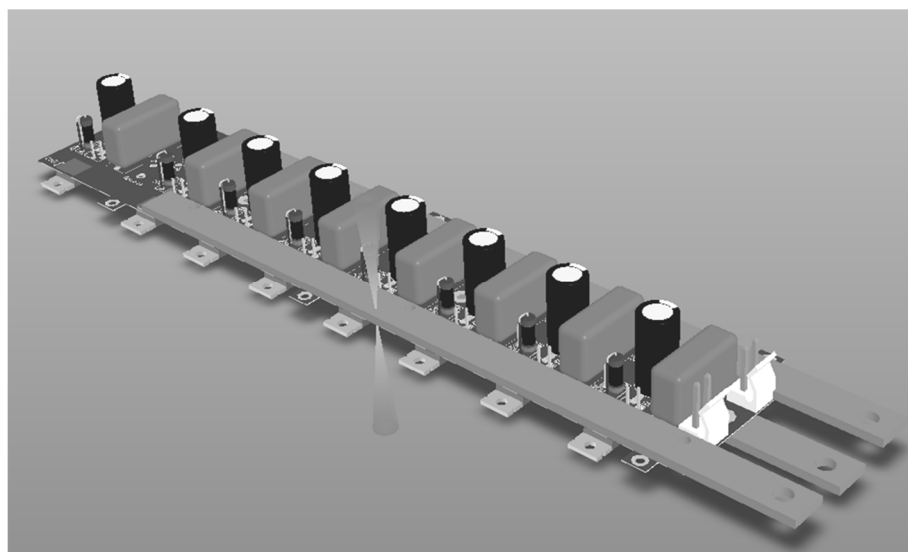


Рисунок 22.25 – 3D-модель друкованої плати

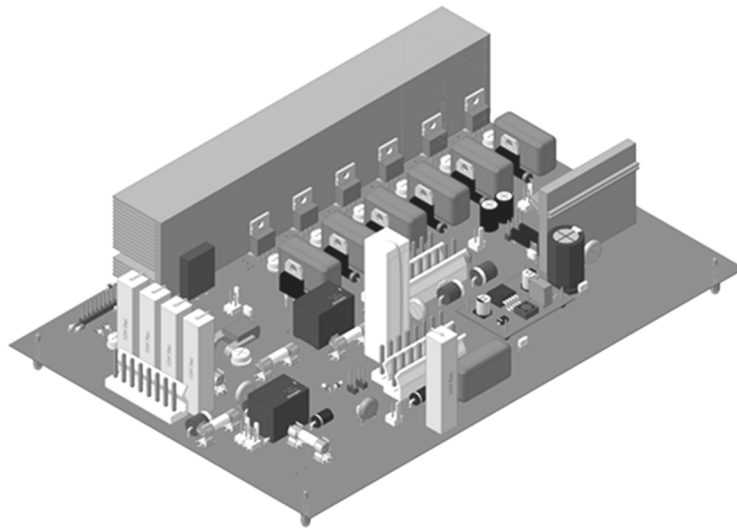


Рисунок 22.26 – 3D-модель плати системи керування приводу електромобіля

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Поясніть, які компоненти використовують для проектування цифрових систем керування?
2. Що називають структурною схемою цифрової системи керування?
3. Наведіть структурну схему цифрової системи керування.
4. Наведіть структурну схему пристрою обробки інформації.
5. Наведіть схему тактового генератора.
6. Перелічіть необхідні компоненти схеми керування.
7. Які є вимоги до технічного дизайну цифрового пристрою?

## Частина V. ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ



## 23 ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ І КОМПЛЕКСІВ

### 23.1 Розроблення діагностичних комплексів

Загальноприйняті засоби захисту електрообладнання (далі – ЕО) і виробів електронної техніки (далі – ВЕТ) не забезпечують збереження їх і знижують вірогідність виникнення лише деяких із можливих випадків виходу з ладу складного електромеханічного обладнання (далі – ЕМО).

*Сучасні системи діагностики* – забезпечують безперервну оцінку сигналів, що отримуються від різних датчиків і виконавчих механізмів, встановлених на різних блоках і вузлах технологічних об'єктах (далі – ТО) або транспортних засобах (далі – ТЗ).

*Діагностичні комплекси* (далі – ДК) реалізують за допомогою локальних діагностичних пристроїв (далі – ЛДП), що входять до складу ДК.

ЛДП містять засоби вимірювання та перетворення інформації про об'єкт, обробки інформації, відображення результатів діагностики, зв'язку ДК тощо.

*Вимірювальні перетворювачі* (далі – ВП) – це засоби вимірювання, призначені для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і (чи) зберігання, але невіддатливою безпосередньому сприйняттю спостерігача.

*Комплексні діагностичні системи* (далі – ДКС) складаються з автономних локальних діагностичних пристроїв, що містять у своїй структурі ВП та різноманітні системи обробки інформації.

*Вимірювальні системи* (далі – ВС) – це сукупність засобів вимірювання та допоміжних пристроїв, сполучених між собою каналами зв'язку.

*Технічна діагностика* (далі – ТД) – це галузь науково-технічних знань, сутність якої становлять теорія, методи та засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи.

Головне завдання ТД електромеханічних і електронних пристроїв полягає в організації контролю справності, працездатності й правильності функціонування ЕО і ВЕТ, вживаних у засобах автоматичного контролю, керування, сигналізації тощо.

*Функціональна діагностика* (далі – ФД) – виявлення дефектів у функціональному ЕМО. ФД ЕМО в процесі його експлуатації дає змогу виявити несправності на ранній стадії їхнього розвитку, попередити раптову зупинку або аварію, значно зменшити витрати на ремонт і збільшити термін служби ЕМО.

Один з етапів діагностики – вивчення параметрів контролю для пошуку дефектів і можливості їх вимірювання.

### **23.2 Розроблення структурної схеми діагностичного контролю електромеханічного обладнання**

Ефективність технічного обслуговування, наприклад, транспорту в депо, залежить від раціонального підходу вибирання засобів технічного діагностування за номенклатурою та їхньою кількістю. Засоби діагностування вибирають відповідно до технології та обсягу робіт, що проводяться, функціональних можливостей і продуктивності відділень діагностування, передбачених у кожному певному виробничому процесі [1]. На жаль, багато використовуваних діагностичних операцій виконуються ручним способом, досвідченими, спеціально підготовленими співробітниками при істотних витратах робочого часу. Очевидно, що для такого різновиду діяльності в депо найзручніше використовувати прилади, що забезпечують автоматичний режим діагностування з найменшою кількістю обслуговного персоналу.

Структурна схема роз'яснює взаємозв'язок компонентів технологічного обладнання, в яких протікають основні та допоміжні процеси з керованими вузлами і елементами.

Розроблення структурної схеми охоплює декілька етапів: аналіз ТО та як повинен працювати розроблюваний пристрій; які засоби керування, сигналізації тощо обов'язково повинно містити обладнання діагностики; як потрібно повірювати ДП і коли використовувати (неперервно, дискретно, на вимогу).

Для складання структурної схеми діагностичного пристрою використовують описи ТО роботи технологічного обладнання з характеристиками обладнання ТП, засобів автоматизації тощо (рис. 23.1).

Ефективність таких достатньо складних систем автоматичного діагностування (далі – САД) залежить, насамперед, від наявності ПЕ, придатних для контролю певних технологічних параметрів, вузла або блоку ТО. Оскільки інформаційний сигнал від приймального елементу неодноразово перетвориться згідно з заданим алгоритмом, то, очевидно, що пристрій якісно виконуватиме процес отримання даних та їх аналіз, якщо програмне забезпечення реалізовує адекватні математичні моделі всіх компонентів схеми, враховує зовнішні чинники, що впливають на передачу інформації за вибраним каналом, на сам об'єкт діагностування і ПЕ, різницю

режимів діагностування та реальної експлуатації обладнання, та багато інших змінних, зі стохастичним характером прояву.

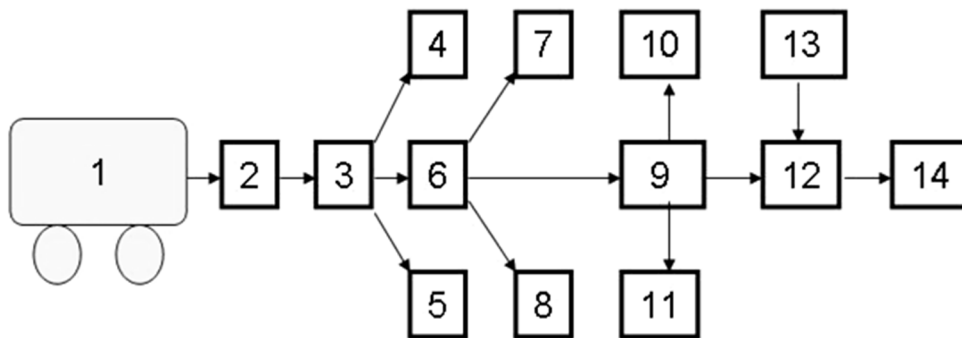


Рисунок 23.1 – Структурна схема пристрою технічного діагностування:

*1 – транспортний засіб; 2 – приймальний елемент (далі – ПЕ);  
3 – підсилювач; 4 – пристрій запису інформації; 5 – відеотермінал;  
6 – аналогово-цифровий перетворювач (далі – АЦП); 7 – пристрій експрес-аналізу; 8 – блок запису інформації; 9 – пристрій обробки цифрових сигналів (далі – ПОЦС); 10 – принтер; 11 – цифро-аналоговий перетворювач (далі – ЦАП); 12 – блок порівняння; 13 – задавальний пристрій;  
14 – блок постановлення діагнозу*

Доречно зазначити, що структурна схема системи автоматичного діагностування (рис. 23.1) має у своєму складі усі компоненти, вживані під час проектування аналогічних пристроїв. Ураховуючи особливості ТО і компонентів керувальних пристроїв, сходять до їхнього складу, очевидно, що реальні САД можуть мати компактніший вигляд або, навпаки, містити у своїй структурі додаткові елементи, що забезпечують необхідні функціональні властивості багатофункціональних діагностичних комплексів.

Останніми роками найбільший інтерес викликають універсальні діагностичні тестери [3], за допомогою яких здійснюється первинна діагностика обладнання транспортних засобів за принципом «справний – несправний». Ці електронні пристрої реалізують прості методи виявлення несправностей компонентів електричних схем низької та високої напруги, пневматичного і гідравлічного обладнання, систем забезпечення безпеки руху тощо. Пристрої прості в експлуатації, не потребують істотних витрат часу для освоєння методик діагностування, зазвичай не потребують обслуговування. Результати контролю обладнання ці пристрої подають користувачеві у вигляді умовного цифрового коду, сигналами або лаконічними висновками від блоку поставлення діагнозу у вигляді терміну



або фрази на екрані дисплея. Тестери відрізняються популярністю на автомобільному транспорті, спеціально обладнаному ПЕ (сенсорами), сигнали від яких подаються на клеми уніфікованого діагностичного роз'єму «ДІАГНОСТИКА».

Важливо відзначити, що транспортні одиниці зазвичай потребують саме експрес-аналізу їхнього технічного стану, щоб акцентувати підвищену увагу до певних блоків, систем та пристроїв при щоденному технічному обслуговуванні (далі – ЩТО), несправність яких недопустима при випуску рухомих одиниць на лінії обслуговування пасажирів. Серед таких компонентів потрібно виокремити обладнання електропостачання, освітлення і сигналізації, приводи дверей, системи гальмування та аварійної зупинки, різні локальні автоматичні засоби блокування, захисту електрообладнання тощо. Наявність експрес-систем дає змогу скоротити обслуговчий персонал при ЩТО, швидко організувати виконання найважливіших ремонтних робіт, коректувати терміни планових ремонтів, економити експлуатаційні витрати, раціонально вирішувати питання матеріально-технічного постачання і кадрів [3]. Щоб реалізувати всі ці переваги, провідні фірми-виробники транспортних засобів самостійно розробляють такі пристрої, а рухомий транспорт оснащують приймальними елементами для подальшого розвитку автоматичного сервісного обслуговування його.

### **23.3 Підхід для реалізації дискретного експрес-аналізу обладнання**

Оскільки засоби експрес-діагностування різного технологічного обладнання контролюють справність його за принципом «так – ні», то в основу розроблення інженерного підходу рішення технічного завдання використовують бінарний принцип аналізу.

Головним завданням бінарного експрес-діагностування обладнання є визначення справності його на основі контролю однієї або декількох технологічних величин у двійковій системі з урахуванням допустимої зони варіювання змінних [7].

Якщо технологічна система оснащена приймальними елементами для контролю величин  $X_i$ , а інтегральний параметр  $Y$  визначається залежністю

$$Y = \sum_{i=1}^n X_i, \quad (23.1)$$

то в найпростішому вигляді відхилення бінарної вихідної ординати за межі інтервалу можна записати у такому вигляді:

$$\xi_i = \begin{cases} 1, & \text{коли } Y_{iB} > \Delta i; \\ -1, & \text{коли } Y_{iH} < \Delta i \end{cases} \quad (23.2)$$

де  $Y_{iB}$ ,  $Y_{iH}$  – верхнє і нижнє допустимі значення контрольованої ординати.

Під час проведення бінарних аналізів технологічного об'єкта об'єм роботи розпізнавальної системи різко скорочується, а заміна аналогових величин двійковими не знижує якість отримуваних даних.

Для реалізації таких систем зручно користуватися математичними моделями, які відображають взаємозв'язок контрольованих параметрів і засобів їх вимірювання із загальним станом технологічної системи (далі – ТС). Якщо функціональна ТС складається з декількох автономних технологічних систем (далі – АТС), то її зручно розглядати у вигляді системи математичних моделей, а вплив кожної АТС на всю ТС оцінювати за допомогою дискретних величин, виконуючи ранжирування інформації за принципом «норма», «увага», «небезпечно», «стоп» тощо. У складніших варіантах використовується апарат секвенцій [7] і, очевидно, необхідно буде провести імовірнісні оцінки впливу АТС, що ускладнює математичний опис ТС і технічну реалізацію розроблюваного методу діагностування.

Теоретичною основою проектування даних діагностичних пристроїв (далі – ДП) є алгебра – логіки або булева алгебра, що оперує логічними змінними.

Залежно від певної фізичної реалізації елементів ДП, більш позитивному значенню фізичної величини «Н» – відповідає стан «логічна 1», а менш позитивному значенню «L» – «логічний 0». «Н» – логічне співвідношення називається позитивною логікою, а зворотнє співвідношення називається негативною логікою. За цим принципом подані найменування, визначення та умовні позначення головних параметрів і характеристик цифрових мікросхем, на базі яких реалізуються ці алгоритми роботи ДП.

### 23.3.1 Представлення логічних функцій

*Логічне моделювання* полягає в побудові математичної моделі досліджуваного пристрою – системи співвідношень, що описують поведінку цього пристрою із заданою точністю, і подальшому аналізі поведінки цієї моделі за її реакцією на вхідні дії.

Відомо багато різних методів і алгоритмів моделювання. Головними характеристиками алгоритмів моделювання є адекватність, швидкодія та технічні можливості (об'єм пам'яті) необхідні для реалізації. Під *адекватністю* розуміється міра відповідності результатів моделювання дійсній поведінці досліджуваного дискретного пристрою. Для *комбінаційних* ДП алгоритми моделювання гарантують адекватність значеннями визначених сигналів. Поведінка *послідовних* ДП загалом неоднозначна через невизначеності початкових станів і змагань між сигналами, що ускладнює завдання моделювання таких ДП. Крім того, важко адекватно моделювати перехідні процеси. Тому у процесі моделювання зазвичай використовують режими, що встановилися, реалізація яких припускає і певні умови для виконання діагностичних заходів. Отже, виникаючу неоднозначність математичних описів враховують різними розробленими методами моделювання.

Оскільки адекватність моделювання залежить здебільшого від прийнятої моделі ДП, моделей елементів і сигналів, способу обліку часових співвідношень між сигналами, що ускладнюють математичні описи, то для діагностичних пристроїв зазвичай застосовують найшвидші алгоритми двійкового моделювання. Бінарне моделювання виконується без урахування часових затримок і порядку спрацьовування елементів у контрольованій схемі.

Для проектування цифрового ДП заздалегідь необхідно отримати логічну функцію (далі – ЛФ) пристрою та відповідну їй схемну реалізацію. ЛФ можуть мати різні форми представлення: 1) словесне; 2) графічне; 3) табличне; 4) алгебраїчне; 5) на алгоритмічній мові (наприклад VHDL, AHDL...); 6) схемне.

Для функції  $Y_{\text{мажор}}$  від двох  $x_i$ , задану словесним описом:  $Y = 1$ , якщо змінні НЕ РІВНІ і  $Y = 0$ , якщо  $x_1 = x_0$ . Таку ЛФ зручно називати функцією НЕРІВНОЗНАЧНОСТІ.

Отже, для проектування діагностичного пристрою, що забезпечує контроль справності будь-якого іншого елемента схеми, необхідно розробити додатковий математичний опис, реалізація якого дасть змогу створити двоїчний сигналізатор справності чергового компонента схеми.

Математичні моделі можна отримати за допомогою таблиць істинності, але їх застосування зазвичай обмежене громіздкістю таблиць, що реалізуються у вигляді

$$u_{эл} \rightarrow 2^u > 2^5 = 32 > 2^8 = 256 \quad (23.3)$$

*Переваги* автономних логічних схем діагностики: економічні, займають мало місця, не порушують логіку роботи основного електротехнічного обладнання, не вимагають додаткового відходу і обслуговування, безпомилково ідентифікують виниклі несправності, не потребують кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

*Недоліки*: для реалізації потребують додаткових матеріальних витрат.

Наприклад, для формалізації технічного стану обладнання транспортного засобу використовувалася таблиця істинності (рис. 23.2). Як аргументи використовувалися такі змінні:  $X1(I)$  – величина струму тягового двигуна;  $X2(T)$  – температура тягового двигуна;  $X3(F)$  – освітленість пасажирського салону;  $X4(P1)$  – привод перших дверей;  $X5(P2)$  – привод других дверей. Ординатами відклику були прийняті такі змінні величини:  $Y(I)$  – струм короткого замикання або перевантаження;  $Y(T)$  – критичне значення температури;  $Y(F)$  – несправність освітлювальних приладів;  $Y(P1)$  – несправність приводу перших дверей;  $Y(P2)$  – несправність приводу других дверей;  $Y(I, T)$  – критичні експлуатаційні параметри тягового двигуна;  $Y(I, F)$  – несправність компонентів засобів освітлення пасажирського салону;  $Y(P1, P2)$  – несправність приводів двох дверей.

Табличне представлення  $Y$  ілюструє рисунок 23.2.

У загальному вигляді переходу від табличного представлення до алгебраїчного може здійснюватися за формулою. Одним із головних в алгебрі логіки є вираз, що називається вдосконаленою диз'юнктивною нормальною формою ЛФ (далі – СДНФ).

СДНФ припускає  $m$ -мінтермілогічний твір всіх змінних  $i$ -го двійкового набору, що входять у прямому вигляді, якщо значення цієї змінної в наборі дорівнює 1, і в інверсному вигляді, якщо її значення дорівнює 0.

N	x1(I)	x2(T)	x3(F)	x4(P1)	x5(P2)	Y(I)	Y(T)	Y(F)	Y(P1)	Y(P2)	Y(I,T)	Y(I,F)	Y(P1,P2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 23.2 – Табличне представлення функцій перемикачів

Формальний опис технічного стану контрольованих величин на транспортному засобі був отриманий за допомогою таблиці на рисунку 23.2, який має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned}
 Y(I) &= X1, \\
 Y(T) &= X2, \\
 Y(F) &= X3, \\
 Y(P1) &= X4, \\
 Y(P2) &= X5, \\
 Y(I,T) &= X1 \wedge X2, \\
 Y(I,F) &= X1 \wedge X3, \\
 Y(P1,P2) &= X4 \wedge X5, \\
 Y(STOP) &= X1 \vee X2 \vee (X1 \wedge X2) \vee (X4 \wedge X5), \\
 Y(SIGN) &= X3 \vee X4 \vee X5 \vee (X1 \wedge X3).
 \end{aligned} \right\}. \quad (23.4)$$

У цій залежності прийняті додаткові функції відгуку, які відображають такий стан параметрів контролю, коли експлуатація ТЗ недопустима  $Y(STOP)$  або окремі компоненти потребують ремонту  $Y(SIGN)$ . Очевидно, що складніші ТЗ можуть мати декілька подібних систем рівнянь, отримання яких може бути виконане іншими відомими методами [5, 7].

Знаходження мінімальної форми ЛФ здійснюється методом алгебраїчних перетворень.

Застосування системи рівнянь (23.4) для синтезу діагностичного обладнання компонентів ТЗ дало змогу отримати таку функціональну схему пристрою бінарного діагнозу (рис. 23.3).

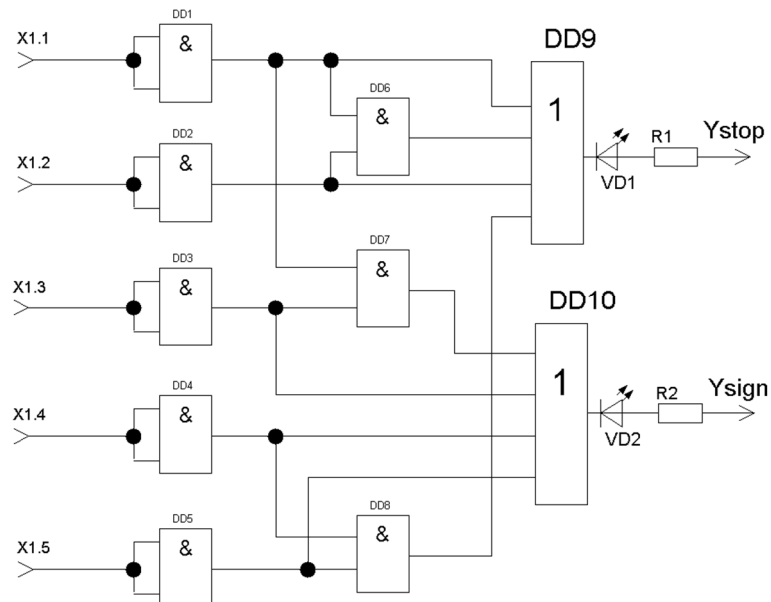


Рисунок 23.3 – Функціональна схема пристрою діагнозу справності ТЗ: DD1 – DD10 – логічні елементи; VD1,VD2 – світлодіоди; R1,R2 – резистори

Схема вміщує елементи «І» та чотиривходові елементи «АБО».

Крім розглянутого варіанта, для знаходження мінімальної форми ЛФ використовують метод алгебраїчних перетворень за допомогою таблиць Карно або машинним методом, коли реалізуються великі проекти.

*Таблиця Карно (далі – ТК)* – це видозмінений запис таблиці істинності. Для діагностичної функції ТК виглядає так (рис. 23.4):

		x1x0					
		00	01	11	10		
x2	0	0	0	1	0		
	1	0	1	1	1		

Рисунок 23.4 – Таблиця Карно для функції

Правила побудови ТК:

1. Кількість клітин ТК дорівнює кількості рядків таблиці істинності.
2. Ліворуч і зверху розташовуються значення аргументів. Порядок розміщення аргументів такий, що у двох сусідніх за горизонталлю та вертикаллю клітинах відрізняється значення тільки одного аргументу (тому сусідніми враховуються і клітини, що знаходяться на протилежних краях таблиці).
3. У клітини заносяться відповідні значення ЛФ (0 та 1).
4. Одиничні клітини об'єднуються в прямокутники (імпліканти) по дві клітини.
5. Для кожного прямокутника записується твір тих аргументів, які в сусідніх клітинах не змінюють свого значення.
6. Змінні входять у твір у прямому вигляді, якщо їхнє значення в сусідніх клітинах дорівнює 1, в іншому разі – в інверсному.
7. Отримані утворення складаються по «АБО» у шукану ЛФ.

Під час використання ТК функціональні схеми отриманих моделей нерідко мають вигляд простіший, ніж отримана вище залежність (рис. 23.3). У прикладному плані це важливо, коли реалізується безліч логічних залежностей у діагностичних комплексах, що включають ДП із вбудованим контролем параметрів.

*Вбудований контроль* (далі – ВК) – це перевірка працездатності електронних пристроїв (далі – ЕП), що виконується за допомогою спеціальних засобів контролю і виявлення несправностей, наприклад, схем порівняння, генераторів сигналів тощо, що входять до складу цього пристрою та конструктивно об'єднаних із ним в єдине ціле.

Розрізняють *вбудований контроль технологічний* (далі – ВКТ) і *функціональний* (далі – ВКФ). За повнотою перевірки функціонування розрізняють ВК *повний* і *локальний*. У першому різновиді перевіряються всі функціональні можливості, а в другому робота тільки окремих елементів пристрою. Крім того, розрізняють ВК: *тест-орієнтований*, *процедурно-орієнтований* і *проблемно-орієнтований*.

### 23.3.2 Моделювання несправностей дискретних пристроїв

Для моделювання несправності, наприклад схеми освітлення дорожнього покриття транспортного засобу, скористаємося прикладом фрагмента електричної схеми включення ближнього і дальнього світла. Передбачимо повний вбудований контроль усіх елементів схеми.

Для контролю справності лінії джерела живлення  $U$ , тумблера  $S1$ , перемикача  $S2$  і ламп розжарювання  $EL1$ ,  $EL2$  можна скористатися схемою наведеною на рисунку 23.5.

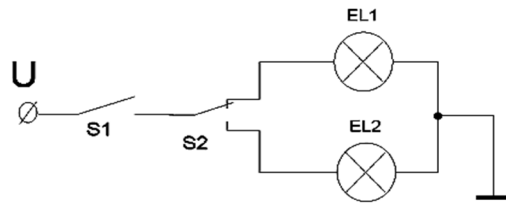


Рисунок 23.5 – Електрична схема включення фар транспортного засобу:

$S1$  – тумблер включення джерела живлення;  $S2$  – перемикач «ближнє – дальнє» світло;  $EL1$ ,  $EL2$  – виконавчі елементи;  
 $U$  – напруга джерела живлення

Використовую схему освітлення (рис. 23.5), складемо структурну схему для діагностики справності всіх елементів (рис. 23.6).

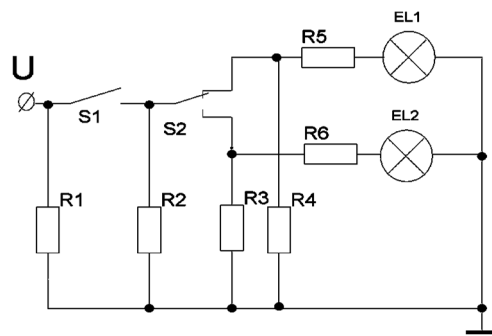


Рисунок 23.6 – Принципова схема контролю окремих компонентів:

$R1$ ,  $R2$ ,  $R3$ ,  $R4$  – схеми дискретного вимірювання напруги;  $R5$ ,  $R6$  – схеми дискретного вимірювання струму;  $EL1$ ,  $EL2$  – лампи розжарювання;  
 $U$  – напруга джерела живлення

Ураховуючи приймальні елементи (аргументи) і виконавчі пристрої (функції), складемо наступні такі істинності.

Таблиця 23.1 – Таблиця істинності для  $EL1$

$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_4$	$X_5$	$Y_1$
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0



Продовження таблиці 23.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

Таблиця 23.2 – Таблиця істинності *EL2*

<i>№</i>	<i>X1</i>	<i>X 2</i>	<i>X3</i>	<i>X 6</i>	<i>Y2</i>
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

Таблиці істинності (табл. 23.1, 23.2) відображають роботу пристроїв діагностики. Математичні моделі систем контролю справності компонентів схем «ближнього» (*Y1*) і «дальнього» (*Y2*) світла можна подати виразами, відповідно:

$$Y1 = X1 \wedge X2 \wedge X4 \wedge X5, \quad (23.5)$$

$$Y2 = X1 \wedge X2 \wedge X3 \wedge X6. \quad (23.6)$$

Користуючись отриманими логічними описами, складемо функціональну схему діагностичного пристрою (рис. 23.7).

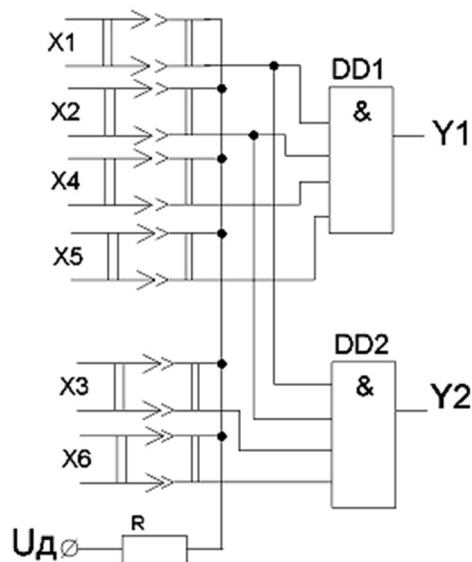


Рисунок 23.7 – Функціональна схема пристрою дискретної діагностики блоку керування фарами:

$X1 - X6$  – роз’єми датчиків;  $DD1, DD2$  – логічні елементи;  $R$  – резистор;  
 $U_{Д}$  – напруга джерела живлення;  $Y1, Y2$  – контрольовані ординати

Застосування схем збігу, на базі серійних логічних елементів  $DD1, DD2$ , дає змогу застосовувати такий пристрій для локального контролю всіх елементів блоку керування фарами на транспорті. Дискретні вихідні сигнали  $Y1$  і  $Y2$  формуються строго відповідно до логічних виразів (23.5), (23.6).

У низці випадків дискретні схеми можуть бути сукупністю розглянутих вище пристроїв (рис. 23.8).

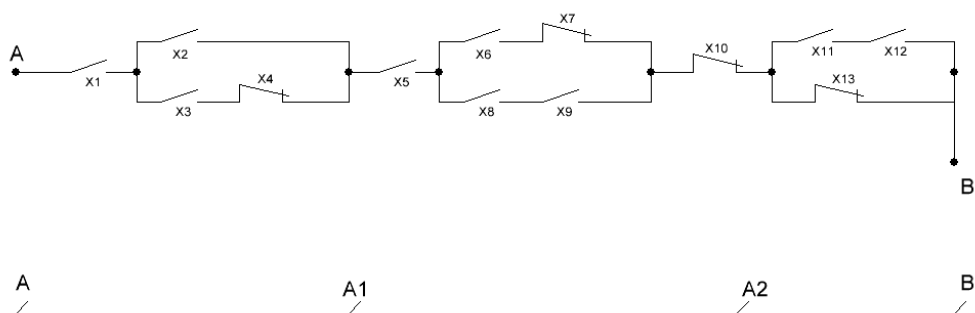


Рисунок 23.8 – Взаємозв’язок дискретних елементів схеми керування

Для моделювання таких пристроїв зручно застосовувати метод структурних матриць або матриць безпосередньої провідності.

Для елементів, властивості яких не залежать від напрямлення струму, матриця завжди буде симетричною.

Для розглянутого варіанту наведеного на рисунку 23.8, матриця має такий вигляд:

для ділянки А – А1

$$\begin{vmatrix} 1 & x1 & 0 & 0 \\ x1 & 1 & x2 & x3 \\ 0 & x2 & 1 & \overline{x4} \\ 0 & x3 & x4 & 1 \end{vmatrix}, \quad (23.7)$$

а визначник обчислюватиметься за матрицею такого вигляду:

$$D_{aa1} = \begin{vmatrix} x1 & 1 & x3 \\ 0 & x2 & \overline{x4} \\ 0 & x3 & 1 \end{vmatrix}. \quad (23.8)$$

Отримаємо формулу логічної залежності:

$$F_{aa1} = x1x1 \vee x1x3\overline{x4} F_{aa1} = x1(x2 \vee x3\overline{x4}). \quad (23.9)$$

Матриці для ділянок А1 – А2 и А2 – В представимо у такому вигляді:  
для А1 – А2

$$D_{a1a2} = \begin{vmatrix} x5 & 1 & x6 & 0 \\ 0 & x6 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{x7} & x9 \\ 0 & x8 & 0 & 1 \end{vmatrix} = x5 \begin{vmatrix} x6 & 1 & 0 \\ 0 & \overline{x7} & x9 \\ x8 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (23.10)$$

для А2 – В

$$F_{a2b} = \begin{vmatrix} x10 & 1 & x11 \\ 0 & x11 & 1 \\ 0 & x12 & \overline{x13} \end{vmatrix}. \quad (23.11)$$

Функціональні схеми пристроїв синтезуються відомим способом (рис. 23.9).

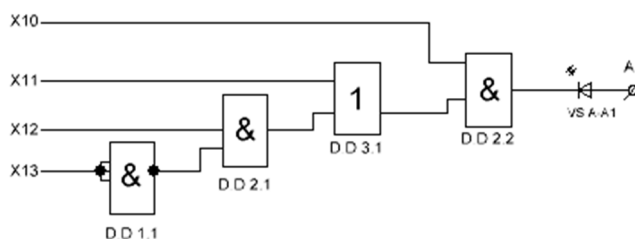


Рисунок 23.9 – Функціональна схема ДП для компонента схеми А – А1

Загальна модель діагностичного пристрою  $Y_{\text{діагност.}}$  буде мати вигляд:

$$Y_{\text{діагност.}} = x_1(x_2 \vee x_3 \overline{x_4}) \wedge x_5[x_6 \overline{x_7} \vee x_8 x_9] \wedge x_{10}(x_{11} \overline{x_{13}} \vee x_{12}) \wedge x_{14}[(x_{15} x_{16}) \vee x_{17}], \quad (23.12)$$

яку можна буде застосовувати в цифрових та програмних пристроях аналогічного призначення.

**Примітка.** Використання мікросхеми з декількома входами (DD1.1) дає змогу удосконалювати подібні цифрові ДП, реалізуючи логічні рішення зі змінними завданнями, опорними рівнями від інших компонентів схем тощо.

## 23.4 Проектування та реалізація дискретних приймальних елементів

Для реалізації діагностичних схем використовують приймальні елементи (далі – ПЕ), що серійно випускаються, розроблені для обладнання певних ТО. Проте, зазвичай необхідно використовувати спеціальні датчики контрольованих параметрів. Це обумовлюється необхідністю розміщення ПЕ вже на функціональному обладнанні. При цьому потрібно зважати на те, що ПЕ і готовий ДП не повинні впливати на функціональні властивості основного технологічного обладнання та компонентів засобів автоматики.

**Датчик** – це приймальний елемент із вимірювальним перетворювачем, що сприймає вхідну величину і формувальний еквівалентний їй в інформаційному сенсі вимірювальний сигнал. Датчик – відособлена конструкція, віддалена від іншої вимірювальної апаратури. Датчик – компактний, конструктивно оформлений окремо елемент. Терміни «датчик» і «сенсор» використовуються для позначення вимірювального перетворювача, що виконує функції сприйняття вхідної величини та формування вимірювального сигналу.

Приклад переліку приймальних елементів для контролю технологічних параметрів наведений у таблиці 23.3.

Таблиця 23.3 – Приклад переліку датчиків для вимірювання

Група датчиків	Вимірювальний параметр	Тип датчику
1	2	3
Датчики контролю роботи складників СЗ	Датчик співвідношення паливо/повітря	Аналоговий/дискретний
	Ланцюг паливного насоса	Дискретний
	Форсунки циліндрів	Дискретний
	Ланцюг тахометра	Дискретний
Датчики контролю умов підготовки паливної суміші	Датчик температури повітря	Аналоговий
	Датчик температури охолоджувальної рідини	Аналоговий
	Датчик температури палива	Аналоговий
	Датчик вологості	Аналоговий
	Датчик тиску повітря	Аналоговий
Корекція умов спалювання палива	Датчик концентрації CO <sub>2</sub>	Аналоговий
	Датчик кисню	Аналоговий
	Датчик положення дроселя	Дискретний
	Перемикач дросельної заслінки	Дискретний
Датчики контролю якості роботи систем керування ДВЗ	Датчик справності АКБ	Дискретний
	Датчик сигналу стартера	Дискретний
	Датчик справності генератора	Дискретний
	Первинний ланцюг СЗ	Дискретний

Формувач дискретного інформаційного сигналу можна створити на базі світлодіоду з дільником напруги, що подається на світлодіод. Твердотільні ПЕ подібного типу реалізують за допомогою оптичних пар (оптопара: світлодіод і фотодіод в одному корпусі) (рис. 23.10).

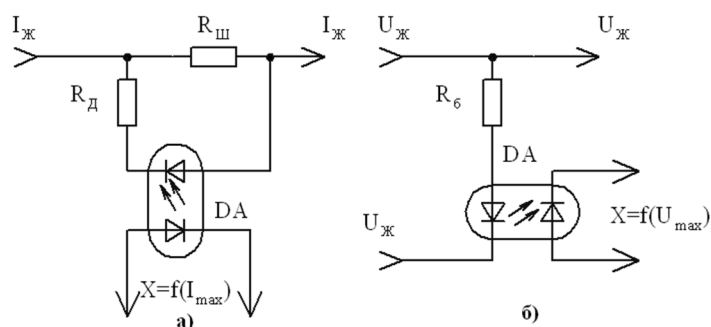


Рисунок 23.10 – Схеми оптичних пристроїв для контролю електричних величин:

*а – електронний амперметр; б – електронний вольтметр*

Головними структурними ланками оптоелектронних схем контролю параметрів електричного обладнання є випромінювачі й фотоприймачі, що забезпечують перетворення струму та напруги, наприклад у контактній мережі, оптичними способами в електричні інформаційні сигнали. Застосування оптоелектронних засобів успішно розв'язує проблему електричної розв'язки силових і керувальних ланцюгів, узгодження за швидкістю та взаємодією низьковольтних апаратів цифрової автоматики з силовим обладнанням на об'єктах транспорту.

Елементною базою оптоперетворювачів становлять оптрони, в яких використовується принцип фотоелектричного перетворення у твердому тілі за допомогою внутрішнього фотоефекта, з одного боку, і електролюмінесценції – з другого. Фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, фототиристри, електролюмінісцентні конденсатори становлять основну елементну базу оптичних випромінювачів і приймачів.

Вибір оптичних ПЕ залежить від багатьох факторів, найважливішим з яких є *режим роботи* – імпульсний, повторно короткочасний або тривалий фотовипромінювача оптопари. Гранично припустима амплітуда струму фотовипромінювача  $I_I$  у пристрої контролю визначається залежністю.

$$I_I = Q \cdot I_{cm}, \quad (23.13)$$

де  $Q$  – коефіцієнт перевантаження за потужністю;

$I_{cm}$  – статичний струм фотовипромінювача.

Для контролю електричних величин, що змінюються з значних меж (номінальний режим, коротке замикання, відсутність навантаження) конструюють схеми, що забезпечують струмообмежувальні умови експлуатації фотовипромінювача. Реалізацією принципу такого рішення може бути схема (рис. 23.11), де напруга пробою обмежувача на стабілітроні VD1 залежить від максимально припустимої контрольованої величини струму від джерела напруги  $U$ .

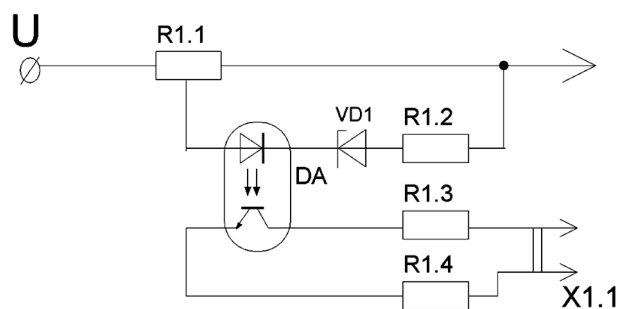


Рисунок 23.11 – Принципова схема дискретного вимірника постійного струму

На рисунку 23.11 запропоновано простий варіант дискретного датчика постійного струму, виконаний на базі серійних елементів, який у діагностичних пристроях виконує роль, наприклад, аргументу  $X1.i$ .

У послідовному ланцюзі R1.1, DA, VD1 номінальну величину додаткового (баластного) резистора  $R_D = R1.2$  можна визначити за формулою:

$$R_D = \frac{U_K}{I_{стб}}, \quad (23.14)$$

де  $U_K$  – контрольована величина напруги на R1.1;

$I_{стб}$  – номінальний струм стабілітрона.

Варіювання додаткового резистора  $R_D$  у подібних складніших схемах дає змогу змінювати опорне значення контрольованої напруги та вибирати необхідні дискретні величини контролю.

Для контролю струму в електричних ланцюгах з використанням резисторів-шунтів  $R_{III}$  застосовуються аналогічні схеми контролю спадання напруги на  $R_{III}$  (рис. 23.10).

За допомогою такого датчика можна контролювати гранично допустимі значення струму в різних ланцюгах і формувати дискретну величину для бінарної системи діагностики обладнання. На роз'ємі X1.1 цього пристрою вихідна величина залежатиме від налаштування схеми за допомогою резисторів R1.3, R1.4.

Використання розглянутих схем із джерелами опорної напруги (напруга стабілізації VDI) дає змогу підвищити точність вимірювання контрольованої величини, що можна порівняти із застосуванням вимірювальних приладів різного класу точності для контролю однієї електричної величини.

Лабораторний стенд «ПЭ-ОД» (рис. 23.12) реалізує схеми (рис. 23.11).

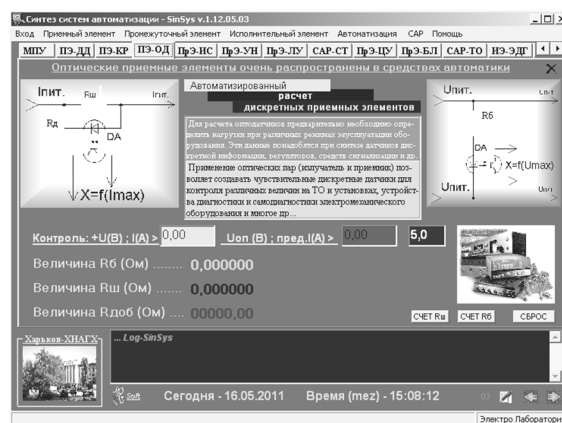


Рисунок 23.12 – Лабораторный стенд «ПЭ-ОД»

Стенд призначений для вивчення принципу роботи, експериментів і розрахунку оптичних приймальних елементів, використовуваних для безконтактного дискретного контролю напруги і струму в електричних ланцюгах.

Задаючи величини напруги або струму та опорної напруги  $V_{DI}$ , розраховують  $R_D$ ,  $R_{ш}$  або  $R_6$  (баластного резистора) (рис. 23.10) при натисканні на відповідні кнопки **СЧЕТ Rш** | **СЧЕТ R6**.

Для практичної реалізації системи контролю компонентів схеми керування фарами (рис. 23.6) доцільно розробити пристрій для дискретного контролю напруги і струму. Таблицю експериментів і розрахунку параметрів оптодатчиків для різних контрольованих величин (табл. 23.4) можна реалізовувати за допомогою програми *SinSys*.

За умови справності всіх компонентів схеми керування фарами датчики напруги  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  і струму  $R_5$ ,  $R_6$  формують нормовані аналогові вихідні величини, які змінюються тільки у разі виникнення несправностей елементів.

Таблиця 23.4 – Параметри оптичного формувача

Контрольований елемент	Параметр
Сигнальна лампа $EL$	0,5 А
Проміжне реле $K$	0,7 А
Звуковий сигнал $BF$	1 А
ЕДГ в оригінальній частині схеми $\tilde{M}$	5 А
Усі ЕДГ (110,220,380В тощо)	50 А
Напруга живлення $U_{ж}$	12 В
Напруга $U_C$	відповідно до завдання
Інші	

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ(а).....

07.12.2016 10:48:58

Расчет шунта (контроль тока)

Контроль величины тока, А = 5,00

Выбор шкалы измерителя, N = 0,00

Величина базового шунта, Ом = 5,0

Величина  $R_{ш}$  (Ом) ..... 5,00000

Величина  $R_{доб}$  (Ом) .... 1912,800

Ошибка измерения -  $I_{ош}(A) = (+/-) 0,257$

Точность прибора = 0,260

Число делений = 389 (промежуточных делений)

Рисунок 23.13 – Приклад файлу розрахунку компонентів дискретного датчика струму



Необхідно пам'ятати, що ілюстрація визначення класу точності («Точність приладу») приймального елемента за допомогою навчальної програми *SinSys* дає змогу підбирати параметри дискретного ПЕ, задаючись точністю реакції пристрою на контрольовану величину, але саме поняття «Клас точності» на цей вимірювальний засіб не поширюється.

*Клас точності* – це узагальнена характеристика, визначувана межами, що допускаються основною похибкою та похибками, спричинених зміною значень впливливальних величин.

У ланцюгах змінного струму на тягових підстанціях, у депо та інших об'єктах електричного транспорту найбільшою популярністю користуються симісторні підсилювачі потужності. Такі підсилювачі реалізують схеми з гальванічною розв'язкою, яку необхідно завжди мати між силовими блоками й електронними пристроями автоматики, особливо у разі використання цифрової автоматики та мікропроцесорів. Приклад симісторного підсилювача для керування електродвигуном ілюструє рисунок 23.14.

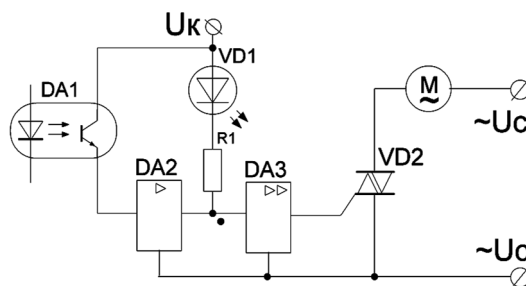


Рисунок 23.14 – Оригінальна схема симісторного підсилювача

Представлений у схемі світлодіод *VD1* може бути джерелом дискретної інформації для ДП, якщо з ним у безпосередній близькості розмістити напівпровідниковий фотодіод (складена оптична пара), що використовують на діючих пристроях, для реалізації розглянутих вище дискретних ДП без заміни обладнання.

## 23.5 Підхід для реалізації цифрового експрес-аналізу обладнання

### 23.5.1 Застосування аналогових датчиків для засобів діагностики

Розглянутий вище приклад ілюструє використання дискретної інформації для синтезу приладів діагностики. У процесі розроблення автоматичних засобів діагностики на транспорті виникають завдання контролю об'єктів, зношування яких відбувається в достатньо тривалі проміжки часу. Процес зношування деталей обертання, подовжнього

переміщення тощо контролюють за допомогою датчиків температури, тиску, вібрації, акустичних і оптичних приймальних елементів [8]. Для реалізації схем із такими датчиками в САД зазвичай передбачені засоби обробки й акумуляції поточної інформації. Експрес-аналізatori зазвичай не мають функції запису поточної інформації, проте можуть використовуватися для діагностики зони варіювання контрольованого параметра в режимі експлуатації обладнання, коли допустимий інтервал варіювання змінної вихідної ординати визначений.

Для перетворення параметрів контролю з такими датчиками передбачають вимірювальні схеми постійного (рис. 23.15) і змінного струму (рис. 23.16, 23.17).

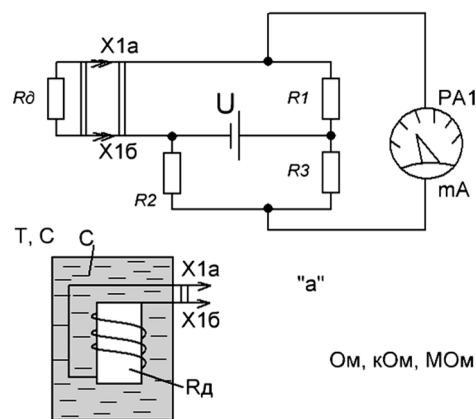


Рисунок 23.15 – Мостова схема датчика-перетворювача постійного струму з резистивним датчиком (рис. 23.5):

$R_d$  – резистивний датчик;  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  – резистори (плечі) вимірювального моста;  $U$  – джерело живлення;  $PA1$  – показувальний пристрій

На рисунках 23.16, 23.17 зображені мостові схеми змінного струму. У цих схемах  $T1$  і  $T2$  – трансформатори призначені для перетворення напруги генератора або мережі електроживлення в напругу живлення схеми. Мостова схема на конденсаторах містить  $C1$  – еталонний конденсатор і  $C2$  – контрольований (що перевіряється) конденсатор або датчик-перетворювач місткості контрольованого параметра. Резистори  $R4$  –  $R6$  – призначені для налаштування (балансування) мостової схеми змінного струму з показувальним приладом  $PA2$ , включеного до діагоналі моста. На рисунку 23.16 ілюструється практичне застосування конденсаторного датчика  $C2$  для контролю, наприклад пасажиропотоку, стан вантажів при їх транспортуванні тощо. При такому застосуванні датчика  $C2$  його місткість залежить від відстані між його обкладаннями. Якщо використовувати протидієву пружину (рис. 23.17)  $П1$  для повернення рухливого обкладання конденсатора в початкове положення, то такий датчик-перетворювач можна

використовувати для контролю тягових характеристик електричних машин, положення валу виконавчого органу тощо.

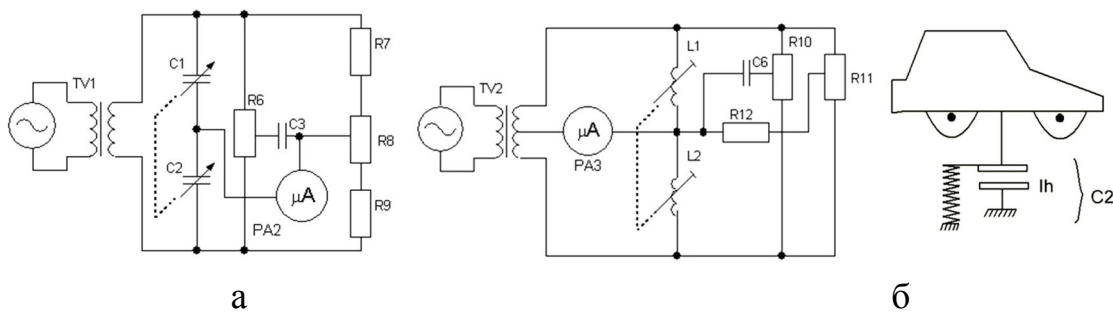


Рисунок 23.16 – Мостові схеми змінного струму

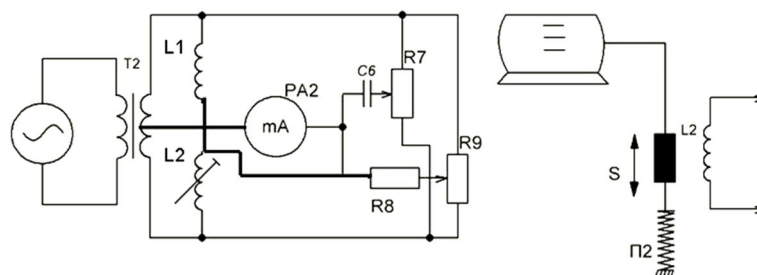


Рисунок 23.17 – Індуктивна мостова схема змінного струму

На рисунку 23.17 зображена мостова схема змінного струму для контролю індуктивності. Резистори R7 і R9 слугують для установлення меж вимірювання контрольованого параметра при різних величинах L1 і L2. Показувальний прилад PA2 в діагоналі моста забезпечує спостереження зміни контрольованої величини.

Для розрахунку елементів розглянутих схем розроблені комп'ютерні програмні застосування. Прикладом автоматизованого розрахунку невірноваженого моста (рис. 23.18) з облаштуванням уніфікації вихідного сигналу (рис. 23.19) слугує програма *SinSys*.

Застосування розглянутих програм для побутових комп'ютерів дає змогу з малими витратами робочого часу досить швидко виконати весь об'єм розрахунків під час розв'язання певної інженерної задачі. Отримані при цьому результати негайно фіксуються в електронних документах (файлах), які за необхідності можна передати по локальній мережі всім зацікавленим користувачам або представлені в паперовому варіанті, наприклад у записці пояснення, технічному завданні тощо.



Рисунок 23.18 – Інтерфейс програми для розрахунку компонентів вимірювальної схеми з різними резистивними датчиками

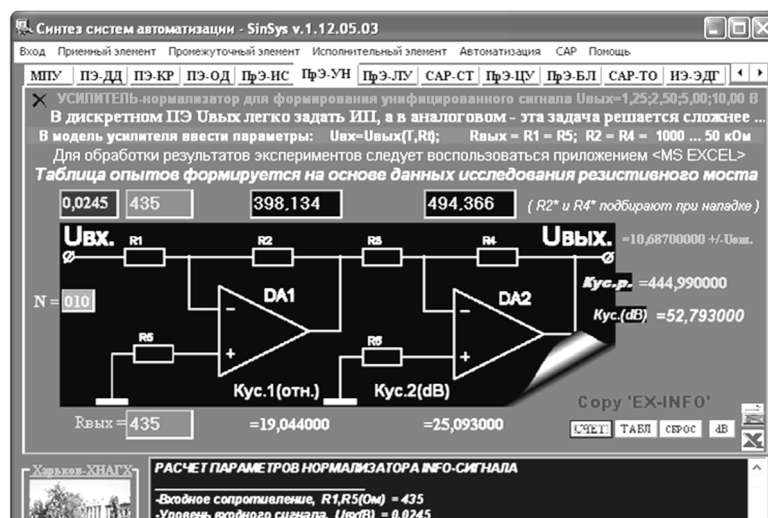


Рисунок 23.19 – Інтерфейс програми для розрахунку компонентів блоку уніфікації інформаційного сигналу

Застосування дискретного вольтметра (рис. 23.11) дає змогу контролювати допустимі відхилення аналогової величини та формувати дискретний сигнал за розглянутим раніше принципом. На рисунку 23.20 наведена зразкова схема формувача дискретного сигналу при безперервному контролі температури обладнання транспортного засобу.

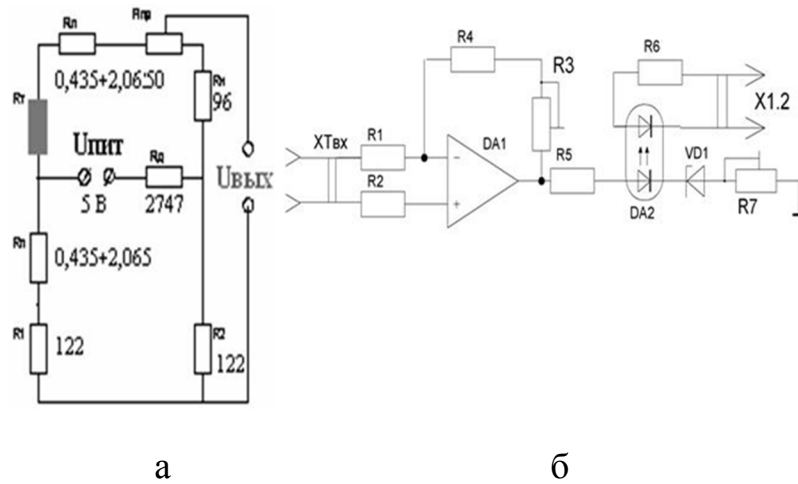


Рисунок 23.20 – Принципова схема дискретного термометра:  
 а – неврівноважений резистивний міст:  $R_T$  – резистивний датчик;  
 $R_1, R_2$  – баластні резистори (плечі) вимірювального моста;  $R_{л}$  – опір ліній зв'язку;  $R_{д}$  – додатковий резистор;  $R_{пр}$  – резистор регулювальний;  
 $U_{пит}$  – джерело живлення;  $U_{вых}$  – вихідний сигнал;  
 б – дискретний вольтметр:  $R_1 - R_7$  – резистори;  $DA_1$  – операційний підсилювач;  $DA_2$  – оптопара;  $VD_1$  – стабілітрон;  
 $X_{1.2}$  – роз'єм датчика температури

Розглянуті вище приклади ілюструють можливість використання дискретних формувачів інформаційних сигналів для синтезу аналогових приладів із дискретними діагностичними пристроями. Сучасні технології виготовлення твердотільних приймальних елементів положення, зусилля і тиску виконані за розглянутим вище принципом із логічним і лінійним виходами в одному корпусі.

Деякі перетворювачі спеціально розроблені для експлуатації в жорстких температурних умовах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . Їх застосування на транспорті для контролю швидкості обертання валів, роботи коробки зміни передач, інших вузлів трансмісії задовольняють спеціальним вимогам на вібро- й удароміцність. Сенсори цього сімейства, наприклад, формують вихідні сигнали  $U_s$  із рівнем від 0,25 В до 4,75 В і точністю  $\pm 0,15\%$ . Нелінійність величини  $U_s$  від контрольованої  $P$  та інших чинників ( $X_i$ )

$$U_s = P \cdot f(x_i) \quad (23.15)$$

не перевищує 0,7 %.

### 23.5.2 Проектування засобів кодування аналогової інформації

Гібридні електронні пристрої майже завжди містять дискретні й аналогові компоненти. Для діагностики таких інженерних рішень застосовують засоби кодування інформаційних повідомлень. Для цього в ЛП передбачають аналого-цифрові перетворювачі (далі – АЦП), які перетворюють аналогові сигнали в двійкові коди.



336

бінарного коду залежить від напруги на вході АЦП, а змінюється від величини параметру  $P(x)$ .

АЦП підключається до клем роз'ємами.

Цей пристрій за рівнем величини  $P(x)$  формує 24 кодованих повідомлення, під час аналізу яких для діагностики ТО найважливішими можуть, наприклад, уважатися тільки кодові слова (табл. 23.5).

Таблиця 23.5 – Коды несправности контрольного ТО

X1	X2	X3	X4	Sign
1	0	0	0	MAX
0	1	0	0	NORMA
0	0	1	0	MIN
0	0	0	1	RESERV

Залежно від прийнятого для проектування кодування можливих несправностей створюються дешифратори бінарних повідомлень і реалізуються варіанти їх ідентифікації. У таблиці 23.5 кожній комбінації вхідних сигналів відповідає інформаційне повідомлення «**Sign**» сигналу на виході (роз'єм «Діагност» Хд ).

Наочною ілюстрацією технічного засобу для дешифрування кодів об'ємом 22 може бути програма *SinSys* (рис. 23.22). У програмній реалізації схеми дешифратора наведені приклади використання елемента запам'ятовування коду (тригер), що відповідає небезпеці на ТО, і облаштування формування сигналу тривоги (генератор з аудіовипромінювачем) для користувача або оператора.

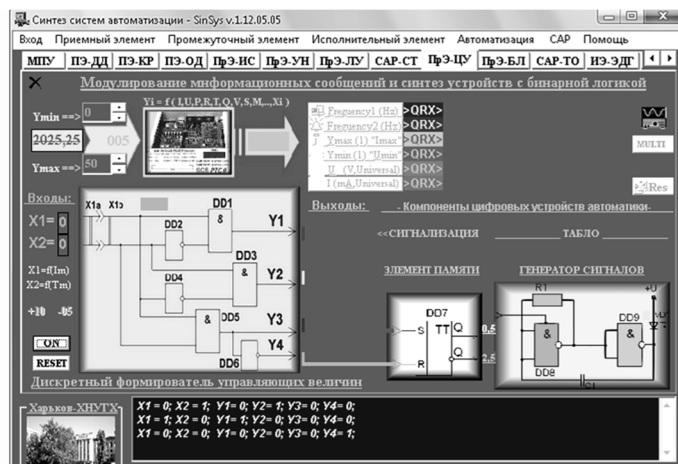


Рисунок 23.22 – Дешифратор бінарних кодів із пам'яттю та сигналізацією

Для проектування дешифратора для сигналів «*Sign*» (табл. 23.4) необхідно розглядати всі можливі функції перемикачів повного дешифратора на три умовно прийнятих входи  $2^3$ , які мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} Y_0 &= \overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \\ Y_1 &= \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \\ Y_2 &= \overline{X_1} X_2 \overline{X_3} \\ Y_3 &= \overline{X_1} X_2 X_3 \\ Y_4 &= X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \\ Y_5 &= X_1 \overline{X_2} X_3 \\ Y_6 &= X_1 X_2 \overline{X_3} \\ Y_7 &= X_1 X_2 X_3 \end{aligned} \quad (23.16)$$

Ураховуючи логіку кодування повідомлень, повний дешифратор на три прийняті входи можна скласти функціональну схему пристрою (рис. 23.23):

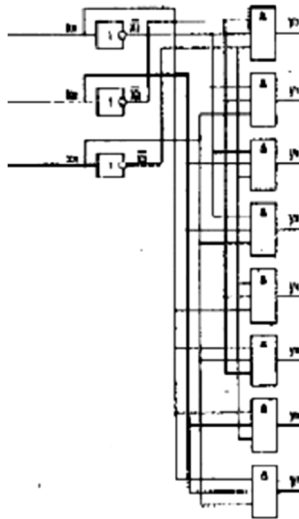


Рисунок 23.23 – Схема функціональна матричного трирозрядного дешифратора

Очевидно, що розглянуте облаштування діагностики з чотирирозрядним АЦП і дешифратором на три входи має ширші можливості, оскільки з 16 можливих кодів АЦП реалізовані тільки  $2^3 = 8$  повідомлень.

За умови меншої розрядності зазвичай неможливо реалізувати проект, а тому цифрові пристрої з аналогічними резервними можливостями надалі удосконалюються та набувають нових функціональних властивостей порівняно з початковим задумом проектувальника.

Наприклад, у цифрових засобах діагностики можна реалізувати завдання про нарощування їхньої розрядності. З малорозрядних



дешифраторів можна побудувати схему, еквівалентну дешифратору великої розрядності. Для цього вхідне слово ділиться на поля. Поле молодших розрядів відповідає кількості входів наявного дешифратора. Залишене поле старших розрядів, слугує для отримання сигналів дозволу роботи одного з дешифраторів, що декодують поле молодших розрядів.

Як приклад на рисунку 23.24 наведена схема дешифрування п'ятирозрядного двійкового коду за допомогою малорозрядних дешифраторів.

Для отримання 32-х виходів складається стовпець із чотирьох додаткових дешифраторів. П'ятий дешифратор приймає два старші розряди вхідного коду. Збуджений одиничний вихід цього дешифратора відмикає один із дешифраторів стовпця по його входу розширення *EN*. Вибраний дешифратор стовпця розшифровує три молодші розряди вхідного слова.

Загальний дозвіл або заборона роботи схеми здійснюється по входу *EN* п'ятого дешифратора (рис. 23.24).

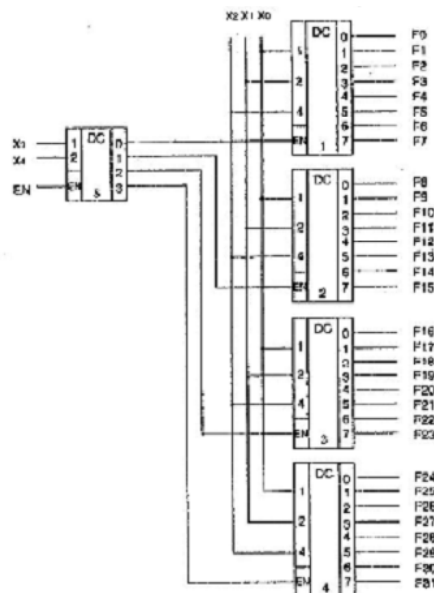


Рисунок 23.24 – Схема нарощування розмірності двійкового дешифратора

Аналогічно на базі серійних напівпровідникових елементів синтезуються різні цифрові компоненти ДП для обробки бінарних кодів – суматори, лічильники тощо (рис. 23.25 – 23.27):

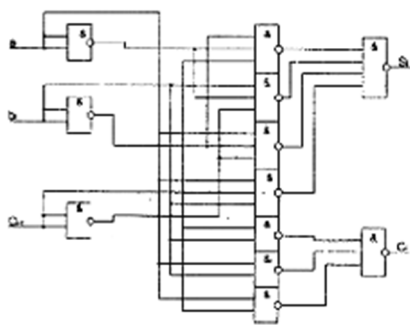


Рисунок 23.25 – Схема однорозрядного суматора у базисі І-НІ

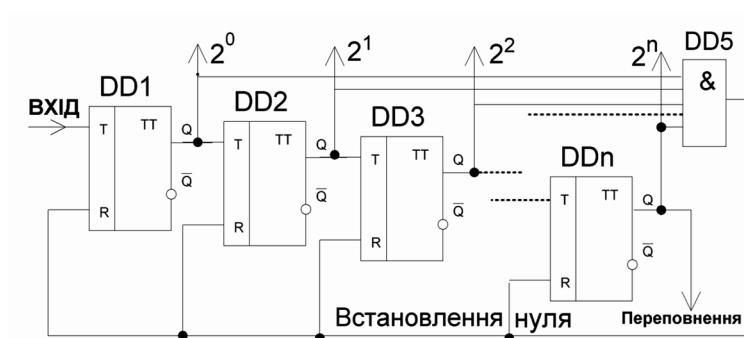


Рисунок 23.26 – Асинхронний двійковий підсумковий лічильник на Т-тригерах

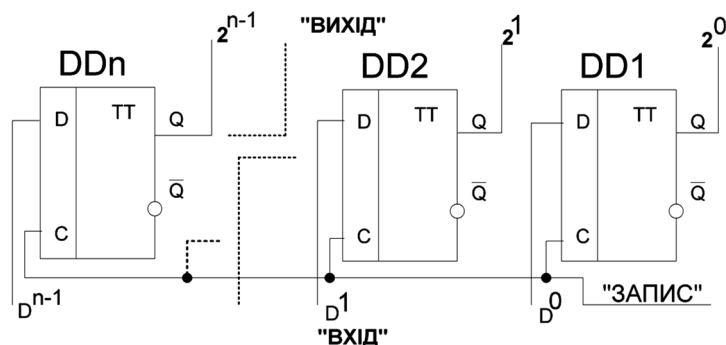


Рисунок 23.27 – Схема регістра пам'яті на D-тригерах

## 23.6 Проектування засобів дистанційної передачі інформації

Експериментальні дослідження дискретного й аналогового датчиків довели, що на основі існуючих приймальних елементів можна створювати діагностичні аналізатори для різного обладнання. Проте аналіз розглянутих вище пристроїв доводить, що в умовах наявних електромагнітних перешкод різного походження такі рішення можуть бути неефективними для отримання достовірної інформації про стан контролюваного об'єкта.

Щоб забезпечити захист інформаційних сигналів в умовах перешкод доцільно застосувати, наприклад, перетворення «напруга – частота». Таке

перетворення інформації від різних датчиків і передача модульованих сигналів певної частоти кожен в обмеженому діапазоні, наприклад, низьких частот може відразу вирішити деякі проблеми з впливом перешкод. На рисунку 23.28 наведено варіант модулятора для аналогової або дискретної інформації  $U_s$  від датчика-перетворювача з рівнем напруги  $U_s$ , що дорівнює 0,27...1,75 В. Перетворювач дає змогу отримувати сигнали низької частоти в інтервалі від 1 до 10 кГц (рис. 23.29). Застосування фільтрів низьких частот у тракті обробки модульованих сигналів істотно спрощує рішення задачі захисту інформації від промислових перешкод.

Плавно регулюючи рівні уніфікованих сигналів  $U_s$  від приймальних елементів, вибирається такий інтервал інформаційного сигналу, при якому забезпечується використання тільки лінійної частини «а-б» експериментальної характеристики (рис. 23.29)

$$F = f(U_{sx}), \quad (23.17)$$

яку переважно вибрати, застосовуючи цей спосіб для перетворення інформаційних даних.

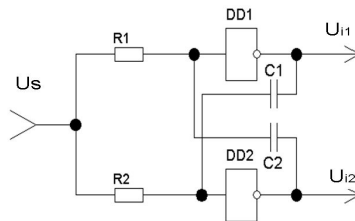


Рисунок 23.28 – Простий перетворювач «напруга – частота»:  
 $R1$ ,  $R2$  – резистори,  $C1$ ,  $C2$  – конденсатори;  $DD1$ ,  $DD2$  – логічні елементи

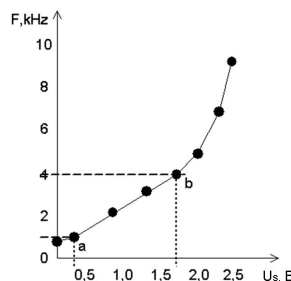


Рисунок 23.29 – Залежність частоти вихідного сигналу від рівня напруги інформаційного сигналу

Щоб створити канал передачі початкових даних від одного або групи датчиків, окрім перетворювачів «напруга – частота»  $F_i$  потрібно

використовувати додатковий стабільний опорний генератор низької частоти  $F_0$ . Застосовуючи опорну частоту  $F_0$ , інформаційний вихідний сигнал від кожного пристрою можна контролювати за величиною варіювання

$$\Delta F_i = F_i - F_0, \quad (23.18)$$

яку потрібно використовувати для діагностування ТО. Оскільки розглянутий вище етап перетворень початкової інформації досить добре вивчений і за необхідності може бути завершений шляхом створення мініатюрних безпроводних датчиків-перетворювачів із модуляторами. Очевидно, цей варіант у низці випадків може бути взятий за базовий у процесі розроблення найефективнішого пристрою для діагностики обладнання, наприклад на транспорті.

Приклад розміщення розглянутих облаштувань TRXi у транспортному засобі зображений на рисунку 23.30.

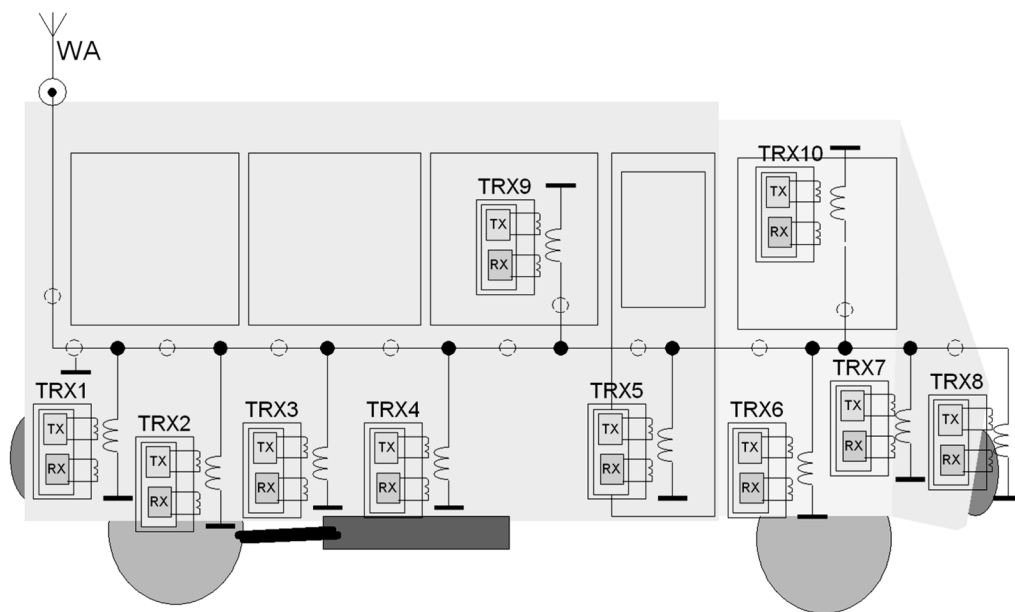


Рисунок 23.30 – Приклад розміщення датчиків в автомобілі:  
TRXi – дискретні датчики-перетворювачі контрольованих параметрів

### 23.7 Проектування візуальних засобів сповіщення

У розглянутих раніше діагностичних пристроях були приклади використання засобів сигналізації за допомогою світлодіодів, які широко застосовуються в усіх сучасних електронних приладах. Приклад використання світлодіода VD1 (діагностика справності в схемі підсилювача DA2 керувального сигналу) зображена на рисунку 23.31.

Вибираючи світлодіоди різного кольору світіння легко створити засоби візуального сповіщення із загальноприйнятим кольорокодуванням: «червоний» – небезпечно; «жовтий» – попередження; «зелений» – норма або дозвіл. Наприклад, таблиця істинності (табл. 23.6) ілюструє формування сигналів несправності в обладнанні, використовуваних у наведеному фрагменті схеми ДП для їх сигналізації.

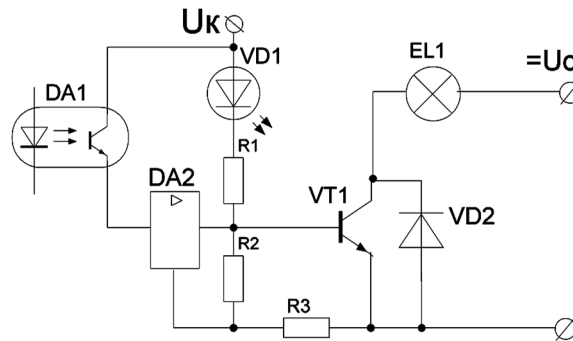


Рисунок 23.31 – Схеми підключення світлодіоду

Таблиця 23.6 – Таблиця істинності сигналів сповіщення ДП

X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0

Очевидно, що прийняті кольори джерел світла ( $Y_i$ ) забезпечують певну логіку функціонування ДП (рис. 23.32). Такі системи широко застосовуються у більшості цифрових ДП на різних об'єктах комунального господарства (транспорт, ліфти, тягові підстанції тощо).

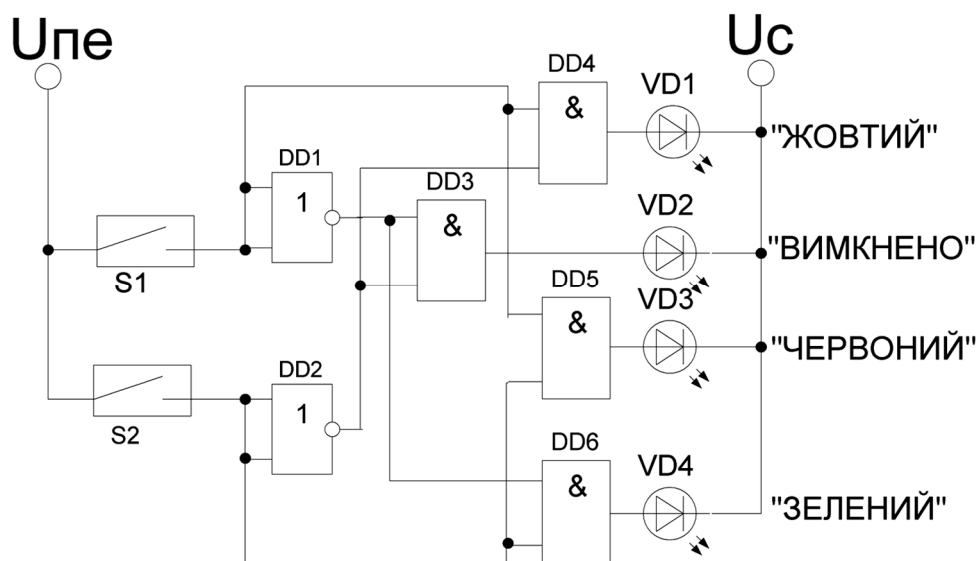


Рисунок 23.32 – Використання сигналів сповіщення в ДП

Більшу інформативність мають засоби сповіщення з сегментними індикаторами, які дають змогу відображати загальноприйняту цифрову або текстову інформацію у вигляді технічних засобів, що називаються інформаційним табло (друк повідомлень). Усі табло реалізуються за допомогою дешифраторів.

Включення семи сегментів найпростішого візуального індикатора залежить від рівнів сигналів на вході дешифратора. Усі можливі варіанти формування «оптичних сигналів» або відображення десяткових цифр на світловому табло розглянуті в таблиці 23.6.

Таблиця 23.6 – Включення оптичного індикатора

Вхідні сигнали				Сегменти							Десяткова цифра
X4 $2^3$	X3 $2^2$	X2 $2^1$	X1 $2^0$	A	B	C	D	E	F	G	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	<b>0</b>
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	<b>1</b>
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	<b>2</b>
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	<b>3</b>
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	<b>4</b>
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	<b>5</b>
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	<b>6</b>
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	<b>7</b>
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	<b>8</b>
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	<b>9</b>

Реалізація облаштування відображення інформації таблиці 23.6 наведена на рисунку 23.33.

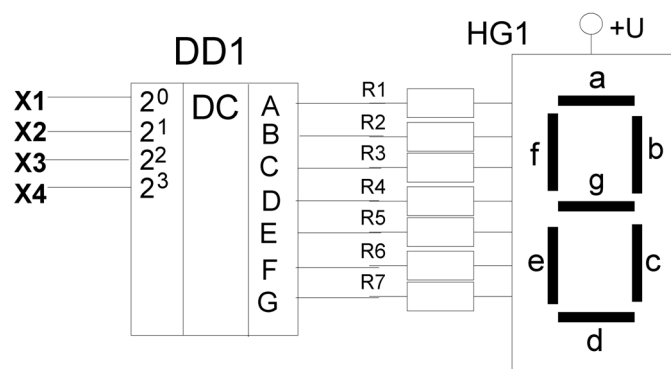


Рисунок 23.33 – Схема застосування дешифратора з оптичним індикатором

Застосовуючи дешифратори в цифрових діагностичних пристроях (далі – ДП), потрібно пам'ятати, що всі вхідні змінні  $X1$ ,  $X2$ , ...,  $Xn$  подаються паралельно на входи дешифраторів.

### 23.7.1 Розроблення оригінальних діагностичних засобів сповіщення

Сучасні діагностичні пристрої мають розширені функціональні властивості, які реалізуються за допомогою програмованих мікроконтролерів і комп'ютерів.

В умовах проведення потокового контролю, наприклад ЕТ, перевагу потрібно віддати комп'ютерному варіанту експрес-аналізатора різного обладнання. Застосування модульованих інформаційних сигналів (розд. 23.5) істотно спрощує комп'ютерну їх обробку й аналіз. Крім того, не потрібно застосовувати адекватні математичні моделі для аналізу і поставлення діагнозу, оскільки необхідно реалізувати тільки алгоритм визначення величини для всіх контрольованих змінних. Зручність застосування персонального комп'ютера (далі – ПК), ноутбука, планшета для стаціонарних або переносних стендів обумовлена можливістю організації візуального спостереження варійованого параметра в реальному часі. Застосування модуляції спрощує організацію дистанційного обміну даними за будь-якими каналами. Для запису інформації можна використовувати будь-які пристрої без додаткового перетворення сигналів від датчиків. Як показує досвід синтезу систем передачі даних, наприклад із частотною модуляцією, апаратна частина не потребує великих фінансових витрат для її реалізації, оскільки достатньо складний електронний аналізатор можна реалізувати тільки програмними засобами зі звуковою картою.

Ураховуючи інтервал частот лінійно взаємопов'язаний із контрольованим параметром («a–b», рис. 23.29) можна розробити аналоговий аналізатор, що дозволяє представляти інформаційні сигнали на екрані дисплея у вигляді монохромних ліній, що отримуються за допомогою функції прорисовування ординат у межах Spectr-вікна.

Алгоритм обробки діагностичного сигналу представлений блок-схемою на рисунку 23.34.



Рисунок 23.34 – Блок-схема алгоритму візуалізації інформаційного сигналу

Приклад інтерфейсу такого аналізатора ілюструє рисунок 23.35.

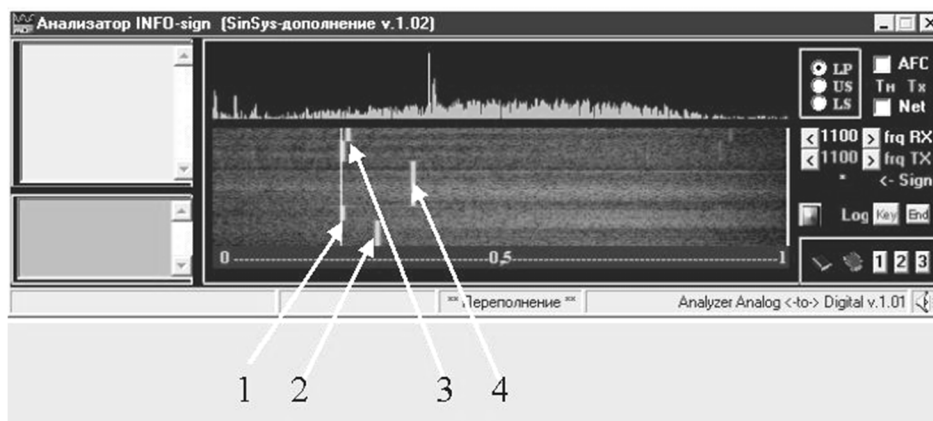


Рисунок 23.35 – Інтерфейс програми діагностичного аналізатора інформаційних сигналів від датчиків:

*1 – опорний сигнал; 2–4 – контрольований сигнал у разі варіювання вимірюваного параметра*

Порядкове відображення сигналу на екрані аналізатора ілюструє можливості даного технічного засобу діагностики, який дає змогу достатньо ефективно контролювати і спостерігати варіювання частоти вимірюваної величини щодо опорної частоти (1) – «норма», відповідно на 10 Гц; (3) – «перевищення», 100 Гц; (2) – «небезпечно», 200 Гц; (4) – «СТОП».



Ураховуючи розміри віртуального екрана та роздільну здатність пристрою, можна стверджувати, що такий варіант експрес-аналізатора придатний для контролю декількох десятків діагностичних параметрів одночасно. Проте в цьому разі потрібно застосовувати засоби ідентифікації контрольованих величин, які можна використовувати як локальні таймери, амплітудні компаратори та інші технічні рішення.

В автономному варіанті розглянутого діагностичного пристрою для запису даних діагностики під час проведення дискретних вимірювань, очевидно, знадобиться таймер для включення аналізатора та фіксатор тест-заходів. Для цього необхідно передбачити електронний (рис. 23.36) або програмований варіант таймера (годинника).

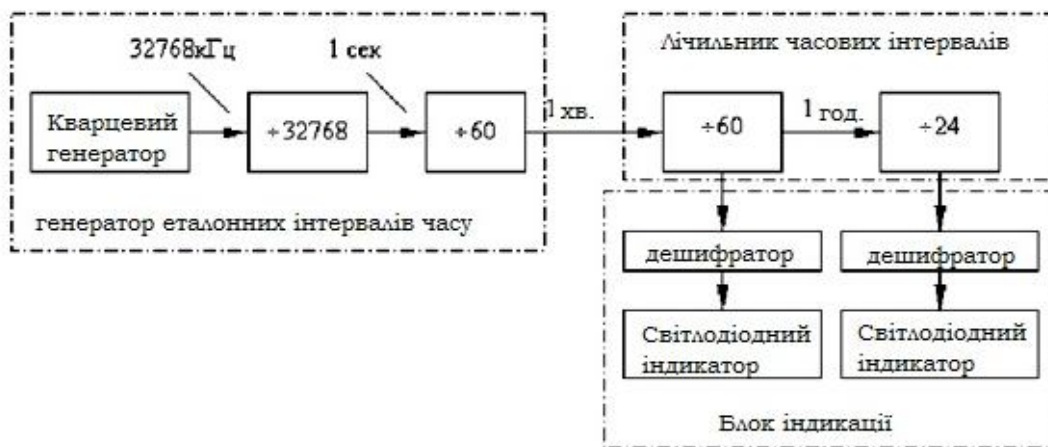


Рисунок 23.36 – Структурна схема таймера включення ДП

Таймер у реальному часі допоможе реалізувати всі діагностичні заходи, що спрощує обслуговування транспорту з попереднім визначенням можливих несправностей обладнання.

### 23.8 Організація автоматизованого робочого місця для діагностування транспорту

Найдешевшим і найефективнішим способом організації комплексних діагностичних засобів є автоматизовані робочі місця (далі – АРМ) для проведення діагностичних заходів різного обладнання. Варіант АРМ комплексного діагностичного аналізу на базі персонального комп'ютера чи декількох мікроконтролерів, за допомогою яких зручно створити інтелектуальні експрес-діагностичні пристрої.

Наприклад, при щоденному технічному обслуговуванні транспортних засобів ще в мийно-прибиральному корпусі (далі – МПК) можуть виконуватися діагностичні заходи, що дозволяють виявити несправності або сформулювати підозру на несправності компонентів електромеханічного

обладнання. У МПК, як об'єкти діагностування, можуть вибиратися: потенціал на корпусі, система гальм, пневматичне обладнання, ходова частина, обладнання тягового двигуна, засоби освітлення, сигналізації та привод дверей. Усім об'єктам, що діагностуються, з однією або декількома контрольованими величинами привласнені умовні кодові номери. Програмне забезпечення реалізує алгоритм опиту семи груп датчиків за кільцевою схемою або вибірково при наборі коду відповідного вузла діагностування. Після аналізу інформаційного сигналу результат виводиться на віртуальний екран у вигляді довідки діагностики за всіма або вибраними кодованими позиціями. Інтерфейс навчально-експериментальної програми наведений на рисунку 23.37.

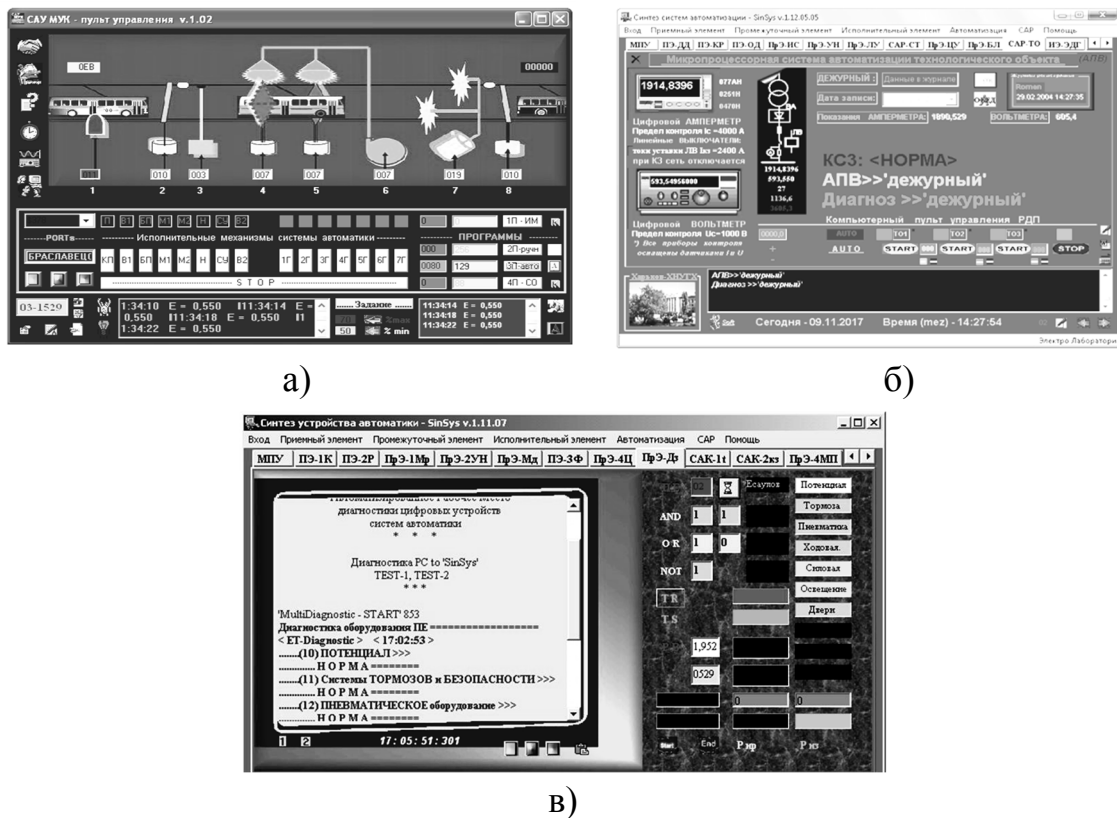


Рисунок 23.37 – Приклади реалізації діагностичних комплексів :

а) – інтерфейс програми АРМ діагностики транспорту в мийно-прибиральному корпусі депо; б) – діагностичний комплекс обладнання тягової підстанції в реальному часі; в) – інтерфейс програми мобільного діагностичного комплексу транспортних засобів на базі ноутбука

Результати діагностики формуються програмою у вигляді текстового звіту зрозумілого будь-якому користувачеві, який може зберігатися в пам'яті комп'ютера або за допомогою принтера – на папері, відображаючи лаконічну довідкову інформацію для зацікавлених служб у вигляді (рис. 23.38).

Автоматизированное Рабочее Место  
диагностики оборудования и  
систем автоматики  
\* \* \*

Диагностика PC to 'SinSys'  
TEST-1, TEST-2  
\* \* \*

'MultiDiagnostic - START' 853  
**Диагностика оборудования ПЕ =====**  
< ET-Diagnostic > < 17:02:53 >  
.....(10) ПОТЕНЦИАЛ >>>  
..... Н О Р М А =====  
.....(11) Системы ТОРМОЗОВ и БЕЗОПАСНОСТИ >>>  
..... Н О Р М А =====  
.....(12) ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ оборудование >>>  
..... Н О Р М А =====  
.....(13) Узлы ХОДОВОЙ части >>>  
..... Н О Р М А =====  
.....(14) Силовое ОБОРУДОВАНИЕ, автоЗАЩИТА >>>  
..... Н О Р М А =====  
.....(15) ОСВЕЩЕНИЕ, Opto-,Audio-СИГНАЛЫ >>>  
..... РЕМОНТ =====  
.....(16) Автоматический ПРИВОД ДВЕРЕЙ >>>  
..... РЕМОНТ =====  
.....  
' MULTI-Diagnostic <END> ' 17:03:21 < 0:00:29 >

Рисунок 23.38 – Результаты диагностики , сформовані програмою у вигляді текстового звіту

Привабливою особливістю пропонованого технічного рішення є використання одного АРМ для діагностики відразу декількох технологічних вузлів транспортного засобу.

### 23.9 Технічний дизайн діагностичних пристроїв

У реалізації різних ідей у сфері застосування діагностичних пристроїв нерідко стикаються з необхідністю створення невеликих проміжних вузлів, які не мають бути жорстко прив'язані до будь-якої централізованої системи, але при цьому щоб була можливість задавати режим їх роботи й отримувати зворотний зв'язок. Логіка роботи ДП має бути досить гнучкою та за можливістю зовнішнього налаштування. Створення вузла ДП на базі недорогих компонентів здебільшого і визначає технічний дизайн комплектувального обладнання діагностичних комплексів.

Насамперед, маються на увазі локальні автономні пристрої, що мають вигляд закінченого виробу. Вони здебільшого мають тільки роз'єми, а у разі використання дистанційної передачі інформації за радіоканалом тільки антену і малий роз'єм для підключення бортової мережі енергопостачання (окрім випадків автономного електроживлення від батареї) (рис. 23.39).



Рисунок 23.39 – Приклад локального діагностичного пристрою



Рисунок 23.40 – Приклад програми діагностичного пристрою

В іншому технічного дизайні цифрового ДП на базі напівпровідникових компонентів нічим не відрізняється від прийомів, розглянутих у розділі проектування цифрових пристроїв.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттям: сучасні системи діагностики, діагностичні комплекси, вимірювальні перетворювачі, комплексні діагностичні системи, технічна діагностика, функціональна діагностика.
2. Наведіть структурну схему пристрою технічного діагностування.
3. Що є головним завданням бінарного експрес-діагностування обладнання ТЗ?
4. У чому полягає логічне моделювання?
5. Наведіть переваги автономних логічних схем діагностики.
6. У чому полягає сутність проектування засобів кодування аналогової інформації?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Норенков И. П. Автоматизированное проектирование / И. П. Норенков. – М. : 2000. – 188 с.
2. Соловьев В. В. Система автоматизированного проектирования. САПР – вопросы и ответы : учеб. пособие / В. В. Соловьев. – М. : Российский университет дружбы народов, 2004. – 24 с.
3. Брюханов В. Н. Автоматизация производства : учебник / В. Н. Брюханов, А. Г. Схиртладзе, В. П. Вороненко; под. ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2005. – 367 с.
4. Герасимов А. А. Самоучитель Компас-3D V8 / А. А. Герасимов. – СПб. : БХВ – Петербург, 2007. – 544 с.
5. Герасимов А. А. Самоучитель Компас-3D V9. Трехмерное проектирование / А. А. Герасимов. – СПб. : БХВ – Петербург, 2008. – 400 с.
6. Шалумов А. С. Система автоматизированного проектирования КОМПАС–ГРАФИК: Часть 1. Введение в КОМПАС: учеб. пособие / А. С. Шалумов, Д. В. Багаев. – Ковров : КГТА, 2003. – 42 с.
7. Шалумов А. С. Система автоматизированного проектирования КОМПАС–ГРАФИК: Часть 2. Проектирование в КОМПАС: учеб. пособие / А. С. Шалумов, Д. В. Багаев, А. С. Осипов. – Ковров : КГТА, 2005. – 42 с.
8. Конструкторская подготовка производства в машиностроении и металлообработке // Решения АСКОН, 2007. – 44 с.
9. Технологическая подготовка производства в машиностроении и металлообработке // Решения АСКОН, 2007. – 32 с.
10. [www.ascon.kiev.ua](http://www.ascon.kiev.ua)
11. Есаулов С. М. *SinSys* – учебная программа для домашнего ПК студента. – [www.tmn.hotmail.ru](http://www.tmn.hotmail.ru), © 2004–2007.
12. Есаулов С. М. Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу «Мікропроцесорні пристрої» і виконання контрольної та самостійної робіт (для студентів 4 – 5 курсу усіх форм навчання спеціальності 7.092202 – «Електричний транспорт»). – Харків : ХНАМГ, 2007. – 63 с.
13. Есаулов С. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Мікропроцесорні пристрої» і виконання контрольної та самостійної робіт (для студентів 4 курсу усіх форм навчання спеціальності 7.092202 – «Електричний транспорт»). – Харків : ХНАМГ, 2006. – 66 с.
14. Разевиг В. Д. Система проектирования *OrCAD 9.2* / В. Д. Разевиг. – М. : Солон-Р, 2001. – 342 с.
15. Розевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью *MicroCap 7* / В. Д. Разевиг. – М. : Горячая линия-Телеком, 2003. – 245 с.
16. Дьяконов В. В. *Matlab*: учебный курс / В. В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 376 с.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

*CAD/CAE/CAM-системи* – інструментальні засоби САПР.

*CAE-система* – *Computer Aided Engineering* – комп'ютерна підтримка інженерного аналізу.

*CAD-система* – *Computer Aided Design* – комп'ютерна підтримка конструювання.

*CAM-система* – *Computer Aided Manufacturing* – комп'ютерна підтримка виготовлення.

*PDM-система* – *Product Data Management* – системи керування проектними даними.

*CALS-технологія* – це технологія комплексної комп'ютеризації сфер промислового виробництва, мета якої – уніфікація та стандартизація специфікацій промислової продукції на всіх етапах її життєвого циклу.

*CALS-системи або автоматизовані логістичні системи* – системи, в яких передбачено зберігання, обробка та передача інформації в комп'ютерних середовищах, оперативний доступ до даних у потрібний час і в потрібному місці.

*Автоматизований банк даних* – банк даних, який утворюють БД і СКБД.

*Автоматизація проектування* – спосіб виконання процесу розроблення проекту, коли проектні процедури й операції здійснюються розробником виробу за умови тісної взаємодії з ПК.

*Автоматизоване проектування* – проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта і алгоритму його функціонування, а також представлення описів на різних мовах здійснюються взаємодією людини і ПК.

*Автоматичне проектування* – проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта й алгоритму його функціонування, а також представлення опису на різних мовах здійснюються без участі людини.

*Алгоритмічна надійність* – властивість компоненту МЗ давати під час його застосування та заздалегідь певних обмеженнях правильні результати.

*Банк даних* – найвища форма організації інформації у великих САПР.

*Загальносистемне програмне забезпечення* призначене для планування та організації процесу обробки інформації, введення-виведення, керування даними, розподілу ресурсів, підготовки й налагодження і представлено операційними системами ЕОМ та обчислювальних комплексів.

*Інваріантні підсистеми* – підсистеми, що виконують уніфіковані проектні процедури й операції.

*Інформація* – деякі відомості або сукупність будь-яких даних, які є об'єктом зберігання, передачі й перетворення :

– *Інформація результатна* – називається інформація, яка існує до початку машинного проектування.

– *Інформація змінна* – належить така інформація: для проектування деталі – навантаження на неї та зовнішні обмеження; у САПР ТП – геометрична і технологічна інформація про певну деталь.

– *Інформація кодована* – інформація про деталь у САПР ТП складається з чотирьох частин: інформація технологічного, конструктивного й економічного значення, що належить до всієї деталі загалом (відомості про спосіб виготовлення деталі, умови виробництва, обладнання, термічну обробку тощо); інформація технологічного та конструктивного значення, що належить до окремих поверхонь або частин деталі (спосіб виготовлення, вигляд термообробки, вигляд покриття тощо); геометрична інформація, що належить до всієї деталі загалом (габаритні розміри, точність виготовлення, шорсткість поверхні тощо); геометрична інформація, що визначає форму, розміри, точні та якісні характеристики окремих поверхонь деталі та їх взаємне розташування.

– *Інформація умовно-постійна* – інформація, що складається з довідкової та методичної інформації, включає відомості про нормалізовані вузли, що є на підприємстві, і деталі, обладнання, оснащення, нормалізований різальний і вимірювальний інструмент, методи отримання заготовок і їх обробки тощо.

– *Інформація похідна* – інформація формується на різних етапах процесу проектування і стосовно САПР ТП містить відомості про маршрут обробки заготовок, технологічні операції та переходи, режими різання, графічні зображення операційних ескізів та інструментальних наладок тощо.

*Інформаційне забезпечення САПР* – це сукупність відомостей (даних), поданих у певному вигляді й використовуваних під час виконання автоматизованого проектування.

*Інформаційно-пошукові системи* – системи, які у САПР виконують функції: заповнення інформаційного фонду (інфотеки) відомостями; арифметичну обробку цифрових даних і лексичну обробку текстів; обробку інформаційних запитів із метою пошуку необхідних відомостей; обробку вихідних даних і формування вихідних документів.

*Комплексні системи автоматизації* – системи, в яких крім функцій САПР, реалізуються засоби для автоматизації функцій керування проектуванням, документообігу, планування виробництва, обліку тощо.

*Лінгвістичне забезпечення* – сукупність мов проектування, яка включає, крім того, терміни та визначення, правила формалізації природної мови, методи стиснення та розгортання текстів, необхідних для автоматизованого проектування і поданих у заданій формі.

*Математичне забезпечення* – сукупність математичних методів, математичних моделей і алгоритмів проектування, необхідних для виконання автоматизованого проектування.

*Методичне забезпечення* – сукупність документів, що визначає склад, правила відбору й експлуатації засобів забезпечення автоматизованого проектування, необхідних для виконання проектних завдань *Об'єктні підсистеми* – підсистеми, що виконують одну або декілька проектних процедур або операцій, безпосередньо залежних від певного об'єкта проектування.

*Мови* – формати міжпрограмних обмінів – використовуються IGES, DXF. Express (стандарт ISO 10303-11, входить у сукупність стандартів STEP), SAT (формат ядра ACIS) тощо.

*Обслуговчі підсистеми* – підсистеми, що мають загальносистемне застосування та функціонування проектувальних підсистем, що забезпечують підтримання, а також оформлення, передачу та виведення отриманих у них результатів, наприклад підсистема графічного відображення об'єктів проектування; підсистема документування; підсистема обслуговування бази даних.

*Організаційне забезпечення* – сукупність документів, що визначає склад проектної організації та її підрозділів, зв'язки між ними, їхні функції, а також форму представлення результату проектування і порядок розгляду проектних документів.

*Програма* – закінчена сукупність команд, необхідних для виконання певного завдання.

*Програмне забезпечення* – сукупність машинних програм, необхідних для виконання автоматизованого проектування і поданих у заданій формі.

*Програмно-методичний комплекс* є взаємопов'язаною сукупністю компонентів програмного, інформаційного і методичного забезпечення (зокрема компоненти математичного та лінгвістичного забезпечення), необхідною для отримання закінченого проектного рішення по об'єкту проектування (одній або декільком його частинам або об'єкту загалом) або виконання уніфікованих процедур.



*Програмно-методичні комплекси машинної графіки* – забезпечують взаємодію користувача з ЕОМ для обміну графічною інформацією, вирішення геометричних завдань, формування зображень і автоматичного виготовлення графічної інформації.

*Програмування* – це процес складання програми.

*Проектна операція* – дія або формалізована сукупність дій, складників проектної процедури, алгоритм яких залишається незмінним для низки проектних процедур.

*Проектна процедура* – це формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектним рішенням.

*Проектування* – процес складання опису, необхідного для створення у заданих умовах, об'єкта який не існує, на підставі первинного опису цього об'єкта і (або) алгоритму його функціонування.

*Проектувальні підсистеми* – підсистеми, що виконують проектні процедури й операції, наприклад підсистема оптимізації характеристик виробу; підсистема проектування вузлів деталей і складальних одиниць; підсистема технологічного проектування; підсистема проектування пристроїв

*Програмно-технічний комплекс* є взаємопов'язаною сукупністю ПМК із комплексами і (або) компонентами технічного забезпечення.

*Система керування базами даних* – програмно-методичний комплекс для забезпечення роботи з інформаційною базою, організованою у вигляді структури даних.

*Технічне забезпечення* – сукупність взаємопов'язаних і взаємодієвих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проектування. До цього різновиду забезпечення належать різні технічні засоби: ЕОМ, периферійне обладнання і пристрої їхнього зв'язку.

*Уніфікована проектна процедура* – процедура, алгоритм якої залишається незмінним для різних об'єктів проектування або різних стадій проектування того самого об'єкта.

*Навчальне видання*

**БАБІЧЕВА** Ольга Федорівна,  
**ЄСАУЛОВ** Сергій Михайлович

**АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ, КОМПОНЕНТІВ  
ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИЧНИХ  
КОМПЛЕКСІВ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 20.02.2018. Формат 60 x 84/16

Друк на ризографії. Ум. друк. арк. 20,9

Тираж 60 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.